

DESAIN DAN ANALISIS *LIFTING* STRUKTUR *WELLHEAD* PLATFORM TIPE JACKET 4 KAKI DI LAUT NATUNA

Design and Lifting Analysis of 4 Legged Jacket Wellhead Platform Structure in Natuna Sea

Rahadian Archie Danisworo¹ dan Prof.Dr.Ir. Ricky Lukman Tawekal²

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,
Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10 Bandung 40132
rahadianarchie@gmail.com¹ dan
ricky.tawekal@gmail.com²

Abstrak

Struktur anjungan lepas pantai tipe *jacket* perlu didesain secara tepat, agar kegiatan yang berada diatas struktur tidak terganggu. Perencanaan desain struktur anjungan lepas pantai mengacu pada standar API RP2A. Pada penelitian ini versi prinsip desain yang digunakan adalah *Working Stress Design* (WSD). Dalam proses desain struktur anjungan lepas pantai perlu dilakukan beberapa analisis struktur untuk mengetahui kemampuan struktur akibat pembebanan yang bekerja. Analisis- analisis tersebut antara lain analisis *in-place*, *seismic* dan *fatigue*. Analisis *in-place* akan menghasilkan nilai *unity check member*, *unity check joint can*, kapasitas *pile* dan defleksi akibat pembebanan yang terjadi pada struktur saat diletakan di lokasi yang telah ditentukan. Struktur yang didesain juga dinilai dapat bertahan pada kondisi gempa *strength level* (SLE), dengan pengecekan yang dilakukan seperti pada analisis *in-place*. Struktur dapat bertahan selama 20 tahun (dengan safety factor 2.00 dan 5.00 pada mudmat). Struktur akan dilanjutkan ke tahap analisis *pre-service*. Salah satu analisis yang dapat dilakukan adalah analisis *lifting*. Hasil keluaran analisis *lifting* berupa konfigurasi *lifting* struktur *braced monopod*, letak titik *hook crane*, properti tali *slings*, properti *shackle* serta dimensi dari *padeye* yang telah memenuhi standar desain API RP2A – WSD.

Kata Kunci: Anjungan Lepas Pantai, Struktur, analisis struktur, analisis lifting

Abstract : The structure of the jacket type offshore platform needs to be designed appropriately, so that the activities above the structure are not disturbed. The design of the structure of the offshore platform refers to the API RP2A standard. In this study, the version of the design principle used is the Working Stress Design (WSD). In the process of designing the structure of the offshore platform, it is necessary to carry out some structural analysis to determine the structure's ability due to working loading. These analyzes include in-place, seismic and fatigue analysis. In-place analysis will produce the value of the unity check member, the unity check joint can, the pile capacity and the deflection due to loading that occurs on the structure when it is placed in a predetermined location. The structure designed is also considered to be able to withstand earthquake strength level (SLE) conditions, with checks carried out as in the in-place analysis. The structure can last for 20 years (with a safety factor of 2.00 and 5.00 at mudmat). The structure will proceed to the pre-service analysis stage. One analysis that can be done is lifting analysis. The results of the lifting analysis are the lifting configuration of the braced monopod structure, the location of the crane hook point, the properties of the sling rope, the shackle property and the dimensions of the padeye that meet the API RP2A - WSD design standards.

Keywords: Offshore Platform, Structure, structure analysis, lifting analysis

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki luas wilayah perairan sebesar 2/3 dari luas wilayah total. Sumber daya alam yang tersimpan di bawah laut sangat melimpah. Salah satu sumber daya alam tersebut adalah minyak dan gas bumi yang lebih dikenal dengan istilah migas.

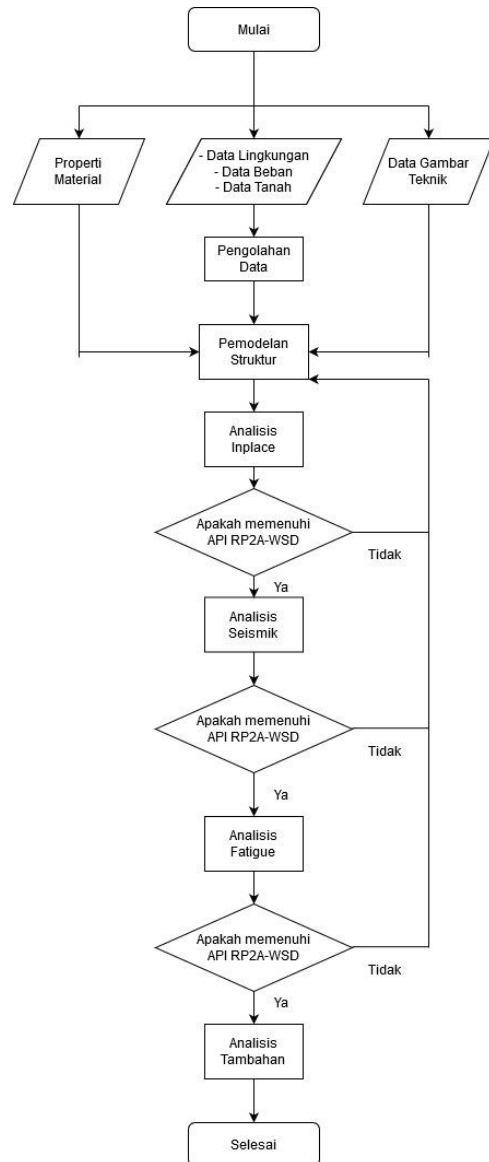
Seiring dengan peningkatan kemampuan teknologi eksplorasi minyak dan gas, serta ditemukannya cadangan minyak yang cukup besar di laut, menyebabkan teknologi anjungan lepas pantai juga mengalami kemajuan pesat.

Perairan Indonesia merupakan zona wilayah laut dengan kedalaman dangkal hingga menengah, seperti Laut Jawa, Laut Natuna, Selat Malaka dan Selat Makassar. Oleh karena itu penggunaan struktur anjungan lepas pantai bertipe tetap (*fixed platform*) cocok untuk dibangun di perairan Indonesia. Struktur anjungan lepas perlu didesain secara tepat, agar kegiatan yang berada diatas struktur tidak terganggu. Dalam proses desain struktur anjungan lepas pantai, perlu dilakukan beberapa analisis untuk mengetahui kemampuan struktur akibat pembebanan yang bekerja pada struktur. Analisis- analisis tersebut salah satunya adalah analisis *in-place*.

Pada saat operasi, struktur anjungan lepas pantai akan mengalami beban lingkungan yang besarnya bervariasi. Struktur tersebut harus dipastikan dapat menahan beban maksimal yang akan bekerja baik itu beban *equipment* atau beban lingkungan.

2. TEORI DAN METODOLOGI

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Metodologi Penelitian

Analisis *in-place* adalah analisis struktur yang bertujuan untuk mengetahui kondisi struktur ketika sudah berada di tempat eksisting dan beroperasi sesuai dengan fungsinya. Analisis ini dilakukan terhadap struktur dengan berbagai kondisi pembebanan. Pada analisis *in-place*, dilakukan dua macam kombinasi pembebanan, yaitu:

1. Kondisi ***operating***, dengan perioda ulang 1 tahun
2. Kondisi ***storm***, dengan perioda ulang 100 tahun

Syarat-syarat minimum yang harus terpenuhi adalah sebagai berikut.

Pemeriksaan tegangan *member* dilakukan dengan melihat nilai *unity check* (UC) yang ada pada tiap *member* struktur. *Unity check* merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi pada *member* struktur terhadap tegangan maksimum yang diizinkan pada tiap *member*. Dengan demikian seluruh *member* pada struktur harus bernilai lebih kecil dari 1. Untuk kondisi *operating* tegangan izin diberikan faktor bernilai 1 sedangkan untuk kondisi badai tegangan izin diberikan faktor 1.33. Terdapat dua jenis UC yang harus diperhatikan, yakni UC *member* dan UC *joint punching shear*.

Persamaan perhitungan penentuan *unity check* ditunjukkan pada Persamaan berikut.

$$UC = \frac{\text{Tegangan yang terjadi}}{\text{Tegangan izin}}$$

Untuk pengecekan pada bagian tiang pancang, diperhitungkan kapasitas beban tekan dan tarik yang terjadi. Pengecekan kapasitas tiang pancang ini bertujuan untuk mengetahui apakah kapasitas tiang pancang melebihi kapasitas izin dari tiang pancang.

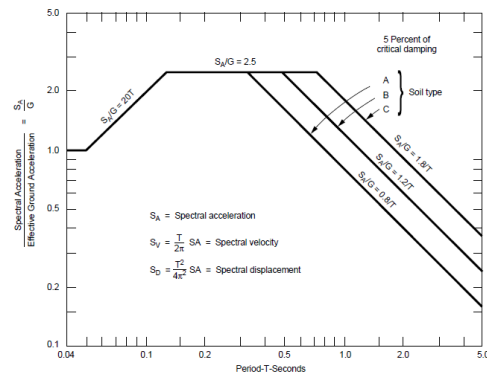
Analisis seismic merupakan analisis yang akan meninjau ketahanan struktur apabila mengalami gempa selama sedang beroperasi. Pada area yang memiliki aktivitas gempa yang rendah, perencanaan anjungan lebih mengacu pada badai atau beban lingkungan.

Sama seperti beban lingkungan gelombang, arus dan angin yang memiliki perioda ulang baik tahunan maupun ratusan tahun, beban gempa bumi juga terbagi menjadi dua macam perioda ulang yang dijelaskan sebagai berikut.

1. *Strength Level Earthquake* (SLE), merupakan kekuatan gempa yang memiliki perioda ulang sebesar 100 tahun. Kekuatan gempa bumi dengan perioda ulang SLE sering digunakan untuk menganalisis struktur akibat beban gempa tanpa mengalami kerusakan struktur yang signifikan.

2. *Ductility Level Earthquake* (DLE), merupakan kekuatan gempa yang memiliki perioda ulang 800 – 1000 tahun. Kekuatan gempa bumi ini digunakan untuk menentukan kapasitas sisa yang dimiliki oleh struktur akibat menerima gempa bumi yang cukup besar. Beberapa kerusakan struktur diizinkan terjadi, dengan batasan struktur tidak sampai runtuh.

Dalam analisis struktur akibat beban gempa dapat dilihat melalui tiga macam parameter, yakni *pseudo-spectral acceleration*, *pseudo-spectral velocity*, atau *pseudo-spectral displacement*. Berdasarkan kriteria API RP-2A WSD, grafik hubungan ketiga respons spektrum ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Grafik Respon Spektrum

Pada saat pengecekan struktur, *basic AISI* memberikan penambahan tegangan izin sebesar 70% akibat beban gempa yang terjadi pada struktur.

Hasil akhir dari analisis seismik adalah berupa kekuatan sambungan dan *member* yang ditunjukkan berupa nilai UC, nilai jumlah kumulatif untuk ragam getar harus mencapai 90% atau lebih, serta nilai kapasitas pile.

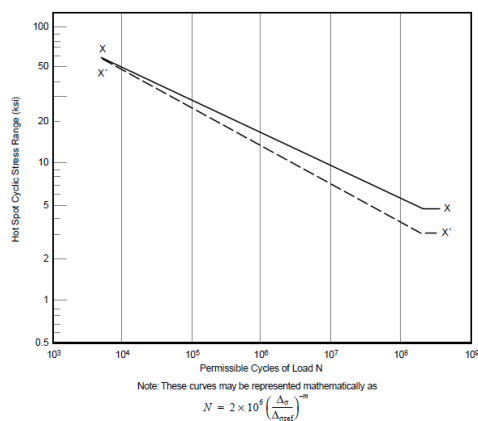
Analisis fatigue bertujuan untuk mengetahui ketahanan struktur terhadap jumlah kejadian gelombang. Selama struktur beroperasi di lepas pantai, bagian dari struktur anjungan akan mengalami beban gelombang yang berulang-ulang atau siklik. Beban ini, meskipun dalam kapasitas maksimum yang dapat ditahan elemen struktur, tetap dapat mengalami kegagalan. Kegagalan bermula dari retak dari satu titik dikarenakan konsentrasi tekanan yang besar, dan akibat adanya beban siklik, retakan tersebut dapat menjalar dan mencapai suatu titik dimana akan menyebabkan kegagalan struktur. Untuk struktur rangka yang disambungkan dengan menggunakan metode las, sambungan las sangatlah peka terhadap kegagalan *fatigue*. Dalam analisis *fatigue* memperhitungkan dua macam faktor, diantaranya adalah *dynamic amplification factor* (DAF), kurva S-N dan *SCF* (*Stress Concentration Factor*).

Dynamic amplification factor (DAF) diperlukan untuk memasukan pengaruh resonansi yang ditimbulkan gelombang terhadap struktur. Apabila nilai perioda gaya luar yang mendekati frekuensi alami dari struktur, maka nilai DAF akan semakin membesar. Untuk menghitung nilai DAF ditunjukkan pada Persamaan berikut.

$$DAF = \frac{1}{\sqrt{(1 - \beta^2)^2 + (2\xi\beta)^2}}$$

Kurva S-N adalah karakteristik *fatigue* yang umum digunakan dari suatu bahan yang mengalami tegangan berulang dengan besar yang sama. Kurva tersebut diperoleh dari tes spesimen baja yang diberi beban berulang sebesar N siklus hingga spesimen tersebut gagal. Kurva ini menyediakan informasi karakteristik *fatigue* dengan amplitude pembebanan konstan

Kurva S-N yang digunakan berdasarkan API RP-2A WSD ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Kurva S-N

Analisis *fatigue* diperlukan untuk melakukan perbandingan antara masa layan elemen terhadap masa layan desain struktur. Dalam praktik industri lepas pantai, terdapat dua jenis metode analisis *fatigue* yang sering digunakan, diantaranya adalah analisis *deterministic*, dan *spectral*.

1. Analisis deterministik (Domain Waktu)

Metode ini digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini karena diketahui data kejadian gelombangnya. Dalam metode ini, gelombang laut disimulasikan berdasarkan frekuensi dan tinggi gelombangnya dengan jumlah kejadian tertentu secara terus menerus. Struktur akan merespons dan

tegangan maksimum (*Hot Spot Stress* – HSS) dihasilkan berdasarkan frekuensi dan tinggi

gelombang tertentu lalu dijumlahkan untuk mendapatkan total kerusakan atau hasil *fatigue* selama umur struktur tersebut.

2. Analisis *spectral* (Domain Frekuensi)

Metode ini menggunakan energi spektrum dari gelombang acak. Metode ini memerlukan pendekatan secara statistik untuk menghasilkan fungsi transfer respons structural. Fungsi transfer ini digunakan untuk mendapatkan tegangan maksimum (HSS) dari struktur.

Dalam menganalisis kegagalan *fatigue*, hal penting yang perlu diketahui adalah *service life* dari struktur, biasanya didefinisikan dalam satuan tahun. Secara umum, usia *fatigue* struktur tidak boleh kurang dari masa layan yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk mendapatkan usia *fatigue* elemen struktur dilakukan perhitungan berikut.

$$Service\ Life\ (yrs) = \frac{Rencana\ masa\ layan\ platform}{Damage \times Safety\ Factor}$$

Dalam menganalisis kegagalan *fatigue*, hal penting yang perlu diketahui adalah *service life* dari suatu struktur, dalam satuan tahun. Syarat utama struktur tidak mengalami gagal yakni usia *fatigue* semua *member* lebih besar dari masa layan desain struktur, atau nilai *damage* tidak lebih dari 1.0.

Nilai *damage* untuk analisis *fatigue* menggunakan aturan *Palmgren-Miner* dengan menggunakan konsep kerusakan *fatigue* akibat beban siklik yang dihitung secara kumulatif. Nilai *damage* akibat beban siklik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Damage = \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_i}$$

Dengan n mendefinisikan jumlah beban siklik yang terjadi dan N_i merupakan siklus yang diizinkan berdasarkan kurva S-N untuk mencapai kegagalan.

Analisis *lifting* merupakan analisis pada proses instalasi untuk memeriksa kekuatan struktur ketika dilakukan pengangkatan dengan menggunakan *crane* untuk metode dan konfigurasi yang telah ditentukan sebelumnya.

Untuk mempermudah proses *lifting*, struktur biasanya dibagi kedalam dua partisi, yakni bagian *topside* dan *jacket*. Pada saat analisis ini dilakukan, pembebanan yang diikutsertakan dalam perhitungan adalah berat sendiri struktur, dan beban peralatan yang menempel pada struktur.

Untuk melakukan analisis *lifting*, pertama harus diketahui besar *deadload* struktur dan letak titik beratnya (*Centre of Gravity*). Kedua parameter ini didapat dari hasil *generate* perangkat lunak SACS. Titik berat akan menentukan letak titik *hook* (titik kumpul dari *sling*) agar tidak terjadi momen tambahan saat proses *lifting* berlangsung.

Selanjutnya adalah konfigurasi dari *sling* (tali baja) yang digunakan untuk proses *lifting*. Konfigurasi ini akan menentukan besar gaya yang akan diterima oleh *member* struktur. *Sling* akan dikaitkan pada bagian *shackle* yang terdapat pada bagian *padeye* dari struktur.

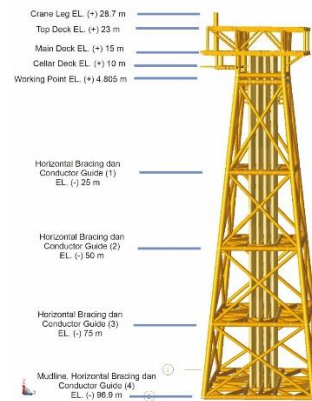
3. HASIL DAN ANALISIS

Data Sekunder

Data perairan dilampirkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Konfigurasi dan Elevasi Platform

Deskripsi	Jumlah / Besaran
Kedalaman perairan (MSL)	96.9 m
Boat Landing	1
Jumlah Kaki	4
Jumlah Konduktor	20
Jacket Elevation	EL. (+) 4.805 m
	EL. (-) 25 m
	EL. (-) 50 m
	EL. (-) 75 m
	EL (-) 96.9 m
Deck Elevation	EL. (+) 10 m (Cellar Deck)
	EL. (+) 15 m (Main Deck)
	EL. (+) 23 m (Top Deck)
Crane Leg Elevation	EL. (+) 28.7 m



Gambar 3. 1 Konfigurasi dan Elevasi Platform

Struktur didesain untuk empat kondisi kedalaman yaitu *operating maximum* dan *minimum*, serta *storm maximum* dan *minimum*.

Tabel 3. 2 Data Kedalaman

Water Level	1-year Operating	100-year Storm
Level Astronomical Tide (LAT)	95.6 m	95.6 m
Mean Sea Level (MSL)	+ 1.3 m	+ 1.3 m
Highest Astronomical Tide (HAT)	+ 2.6 m	+ 2.6 m
Storm Surge (SS)	+ 0.2 m	+ 0.3 m
Depth Tolerance	± 0.5 m	± 0.5 m
Minimum Water Depth	95.8 m	95.9 m
Maximum Water Depth	98.9 m	99 m

Data gelombang yang digunakan pada analisis in-place terdiri dari parameter tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang dengan arah *omnidirectional*. *Wave Kinematics Factor* yang dipakai bernilai 0,9 karena asumsi kondisi yang dipakai adalah *tropical storm*.

Tabel 3. 3 Data Gelombang

Wave Parameter	Return Period	
	1-year Return Period (In-Place Operating)	100-year Return Period (In-Place Storm)
Hmax (m)	5.6	10.6
Perioda (s)	8.3	10.3

Data angin yang digunakan hanya terdiri dari parameter kecepatan saja dengan arah *omnidirectional*.

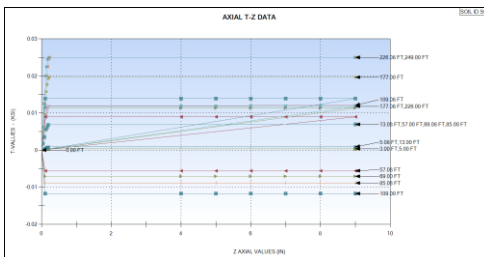
Tabel 3. 4 Data Angin

Perioda Ulang (tahun)	Durasi 1 menit (m/s)
1-year Operating	16.8
100-year Storm	24

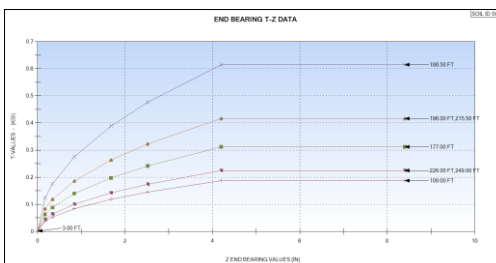
Data arus yang digunakan hanya terdiri dari parameter kecepatan saja dengan arah *omnidirectional*.

Data *marine growth* yang digunakan terdiri dari parameter tebal dan densitas. Densitas *marine growth* yang digunakan adalah 1.4 ton/m³ sedangkan tebal *marine growth* dari *mudline* sampai *surface* adalah sebesar 4 cm.

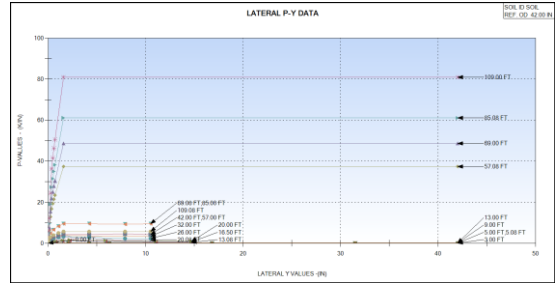
Data tanah yang digunakan pada pemodelan meliputi *skin-friction* (T-Z), *lateral bearing* (P-Y) dan *end bearing* (Q-Z).



Gambar 3. 2 Grafik Skin Friction



Gambar 3. 3 Grafik End Bearing



Gambar 3. 4 Grafik Lateral Bearing



Gambar 3. 5 Model Struktur

Tabel 3. 5 Elevasi Deck

<i>Deck</i>	Elevasi (m)
<i>Cellar Deck</i>	(+) 10
<i>Main Deck</i>	(+) 15
<i>Top Deck</i>	(+) 23
<i>Crane Leg</i>	(+) 28.7

Profil member ini merupakan profil yang telah dilakukan optimasi sehingga telah memenuhi kriteria izin.

Tabel 3. 6 Properti Member

No	Member Group	Deskripsi	Jenis	Ukuran (cm)
1	BL1	Boat Landing	Tubular	56 x 2
2	BL2		Tubular	51 x 2.5
3	CD1	Cellar Deck	Wide Flange	W27X194
4	CD2		Wide Flange	W27X539
5	CD3		Wide Flange	W18X35
6	CGD	Conductor Guide Deck	Wide Flange	W24X176
7	CGJ	Conductor Guide Jacket	Tubular	51 x 2.5
8	CON	Conductor	Tubular	60 x 2.54
9	CRL	Crane Leg	Tubular	162.59 x 3.18
10	DL	Deck Leg	Tubular	152.4 x 3.18
11	HBJ	Horizontal Bracing	Tubular	61 x 2.5
12	HOR		Tubular	70 x 1.6
13	LG1	Jacket Leg	Tubular	160 x 3.18
14	LG2		Tubular	160 x 3.18
15	LG3		Tubular	160 x 3.18
16	LG4		Tubular	160 x 3.18
17	LG5		Tubular	160 x 3.18
18	LG6		Tubular	160 x 3.18
19	LG7		Tubular	160 x 3.18
20	LG8		Tubular	160 x 3.18
21	MC1	Penyangga Main Deck	Tubular	61 x 3.97
22	MC2		Tubular	50.8 x 2.54

23	MC3		Tubular	50.8 x 1.9
24	MC4		Tubular	80 x 3.97
25	MD1	Main Deck	Plate Girder	P160B
26	MD2		Plate Girder	P130B
27	MD3		Wide Flange	W27X368
28	MD4		Wide Flange	W24X207
29	PL1	Pile	Tubular	152.4 x 3.18
30	PL2		Tubular	152.4 x 3.18
31	PL3		Tubular	152.4 x 3.18
32	PL4		Tubular	152.4 x 3.18
33	PL5		Tubular	152.4 x 3.18
34	PL6		Tubular	152.4 x 3.18
35	PL7		Tubular	152.4 x 3.18
36	TD1	Top Deck	Plate Girder	P160B
37	TD2		Plate Girder	P120B
38	TD3		Wide Flange	W33X201
39	TD4		Wide Flange	W33X169
40	TM1	Penyangga Top Deck	Tubular	55 x 3.18
41	TM2		Tubular	65 x 2.54
42	TM3		Tubular	60 x 2.54
43	TM4		Tubular	62.6 x 2.54
44	TM5		Tubular	55.9 x 2.54
45	XBR	X-Bracing Jacket	Tubular	75 x 3.18
46	XBS		Tubular	75 x 3.18

HASIL ANALISIS IN-PLACE

1. Unity Check Member

Tabel 3. 7 Hasil UC Member Kondisi Operasi Kedalaman Maksimum

Deskripsi	Member Group	Critical Member	Load Combination	Unity Check
Boat Landing	BL1	0771-0813	3041	0.24
Cellar Deck	CD2	0128-0129	3024	0.92
Conductor Guide Deck	CGD	845C-0187	3025	0.5
Conductor Guide Jacket	CGJ	1154-358F	3041	0.15
Conductor	CON	545C-645C	3021	0.34
Crane Leg	CRL	0735-0505	3011	0.85
Deck Leg	DL	0128-802L	3021	0.42
Horizontal Bracing	HOR	301L-1220	3061	0.77
Leg	LG7	604L-704L	3016	0.29
Penyangga Main Deck	MC4	0518-0134	3021	0.95
Main Deck	MD3	0638-0654	3024	0.87
Pile	PL3	203P-303P	3051	0.29
Top Deck	TD3	0804-0802	3061	0.87
Penyangga Top Deck	TM3	0181-0047	3024	0.82
X-Bracing	XBS	503L-5C1X	3061	0.22

Tabel 3. 8 Hasil UC Member Kondisi Operasi Kedalaman Minimum

Deskripsi	Member Group	Critical Member	Load Combination	Unity Check
Boat Landing	BL1	0934-0819	4161	0.19
Cellar Deck	CD3	0134-0138	4154	0.68
Conductor Guide Deck	CGD	856C-0072	4158	0.36
Conductor Guide Jacket	CGJ	1154-358F	4121	0.09
Conductor	CON	760C-860C	4111	0.35
Crane Leg	CRL	0735-0505	4111	0.49
Deck Leg	DL	0128-802L	4121	0.02
Horizontal Bracing	HOR	301L-1220	4162	0.6
Leg	LG7	603L-703L	4111	0.2
Penyangga Main Deck	MC4	0518-0134	4121	0.45
Main Deck	MD3	0186-0065	4131	0.71
Pile	PL3	203P-303P	4151	0.21
Top Deck	TD3	0804-0802	4161	0.69
Penyangga Top Deck	TM3	0181-0047	4124	0.26
X-Bracing	XBS	503L-5C1X	4161	0.25

Tabel 3. 9 Hasil UC Member Kondisi Badai Kedalaman Maksimum

Deskripsi	Member Group	Critical Member	Load Combination	Unity Check
Boat Landing	BL1	0934-0819	4011	0.21
Cellar Deck	CD3	0134-0138	4054	0.65
Conductor Guide Deck	CGD	856C-0072	4058	0.44
Conductor Guide Jacket	CGJ	1154-358F	4021	0.12
Conductor	CON	760C-860C	4011	0.35
Crane Leg	CRL	0735-0505	4041	0.59
Deck Leg	DL	0128-802L	4021	0.22
Horizontal Bracing	HOR	301L-1220	4062	0.68
Leg	LG7	603L-703L	4011	0.24
Penyangga Main Deck	MC4	0518-0134	4021	0.7
Main Deck	MD3	0186-0065	4031	0.79
Pile	PL3	203P-303P	4051	0.25
Top Deck	TD3	0804-0802	4061	0.78
Penyangga Top Deck	TM3	0181-0047	4024	0.54
X-Bracing	XBS	503L-5C1X	4061	0.24

Tabel 3. 10 Hasil UC Member Kondisi Badai Kedalaman Minimum

Deskripsi	Member Group	Critical Member	Load Combination	Unity Check
Boat Landing	BL1	0771-0813	3141	0.21
Cellar Deck	CD2	0128-0129	3124	0.92
Conductor Guide Deck	CGD	845C-0187	3125	0.51
Conductor Guide Jacket	CGJ	1154-358F	3141	0.15
Conductor	CON	545C-645C	3125	0.34
Crane Leg	CRL	0735-0505	3151	0.85
Deck Leg	DL	0128-802L	3121	0.42
Horizontal Bracing	HOR	301L-1220	3161	0.77
Leg	LG5	403L-503L	3151	0.28
Penyangga Main Deck	MC4	0518-0134	3121	0.95
Main Deck	MD3	0638-0654	3124	0.87
Pile	PL3	203P-303P	3151	0.29
Top Deck	TD2	0855-0291	3141	0.87
Penyangga Top Deck	TM3	0181-0047	3124	0.82
X-Bracing	XBS	503L-5C1X	3161	0.23

Dari nilai UC member yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa seluruh member baik pada bagian jacket maupun topside memiliki nilai UC yang memenuhi kriteria yaitu memiliki nilai dibawah 1.

2. Joint Punching Shear

Dilakukan analisis nilai *UC joint punching shear* dari setiap elevasi *horizontal bracing*. Nilai *UC joint punching shear* yang dipilih adalah Load UC karena Load UC merupakan kondisi *joint* ketika diberi pembebanan. Batas nilai *UC joint punching shear* adalah 1.

Tabel 3. 11 UC Joint Can Kondisi Operasi Kedalaman Maksimum

Lokasi	Joint	Load UC	Strength UC
Elevasi (-) 96.9 m	201L	0.105	0.844
	202L	0.093	0.857
	203L	0.082	0.866
	204L	0.057	0.861
	301L	0.171	0.806
Elevasi (-) 75 m	302L	0.163	0.812
	303L	0.162	0.864
	304L	0.164	0.862
	401L	0.317	0.962
Elevasi (-) 50 m	402L	0.265	0.95
	403L	0.342	0.969
	404L	0.282	0.975
	501L	0.461	0.946
Elevasi (-) 25 m	502L	0.297	0.985
	503L	0.378	0.957
	504L	0.335	0.901
	601L	0.226	0.924
Elevasi (+) 4.805 m	602L	0.128	0.958
	603L	0.211	0.933
	604L	0.202	0.922
	2A1X	0.099	0.939
Joint X-Brace	2B1X	0.08	0.946
	2C1X	0.098	0.909
	2C2X	0.098	0.904
	3A1X	0.105	0.905
	3B1X	0.099	0.898
	3C1X	0.088	0.853
	3C2X	0.106	0.85
	4A1X	0.081	0.833
	4B1X	0.104	0.829
	4C1X	0.087	0.83
	4C2X	0.083	0.828
	5A1X	0.104	0.823
	5B1X	0.097	0.819
	5C1X	0.098	0.818
	5C2X	0.103	0.812

Tabel 3. 12 UC Joint Can Kondisi Operasi Kedalaman Minimum

Lokasi	Joint	Load UC	Strength UC
Elevasi (-) 96.9 m	201L	0.1	0.849
	202L	0.091	0.859
	203L	0.081	0.867
	204L	0.057	0.861
	301L	0.172	0.805
Elevasi (-) 75 m	302L	0.159	0.816
	303L	0.163	0.863
	304L	0.163	0.863
	401L	0.313	0.966
Elevasi (-) 50 m	402L	0.266	0.949
	403L	0.339	0.972
	404L	0.278	0.979
	501L	0.45	0.957
Elevasi (-) 25 m	502L	0.294	0.988
	503L	0.38	0.955
	504L	0.339	0.897
	601L	0.213	0.937
Elevasi (+) 4.805 m	602L	0.125	0.961
	603L	0.205	0.939
	604L	0.197	0.927
	2A1X	0.099	0.959
Joint X-Brace	2B1X	0.08	0.967
	2C1X	0.098	0.945
	2C2X	0.098	0.934
	3A1X	0.105	0.859
	3B1X	0.099	0.859
	3C1X	0.088	0.82
	3C2X	0.106	0.809
	4A1X	0.081	0.893
	4B1X	0.104	0.871
	4C1X	0.087	0.864
	4C2X	0.083	0.869
	5A1X	0.104	0.861
	5B1X	0.097	0.885
	5C1X	0.098	0.823
	5C2X	0.103	0.763

Tabel 3. 13 UC Joint Can Kondisi Badai Kedalaman Maksimum

Lokasi	Joint	Load UC	Strength UC
Elevasi (-) 96.9 m	201L	0.122	0.827
	202L	0.122	0.828
	203L	0.118	0.83
	204L	0.087	0.831
	301L	0.127	0.85
Elevasi (-) 75 m	302L	0.122	0.853
	303L	0.13	0.896
	304L	0.122	0.904
	401L	0.375	0.904
Elevasi (-) 50 m	402L	0.307	0.908
	403L	0.375	0.936
	404L	0.32	0.937
	501L	0.493	0.914
Elevasi (-) 25 m	502L	0.362	0.92
	503L	0.392	0.943
	504L	0.292	0.944
	601L	0.228	0.922
Elevasi (+) 4.805 m	602L	0.163	0.923
	603L	0.199	0.945
	604L	0.178	0.946
	2A1X	0.099	0.937
Joint X-Brace	2B1X	0.08	0.936
	2C1X	0.098	0.908
	2C2X	0.098	0.904
	3A1X	0.105	0.904
	3B1X	0.099	0.896
	3C1X	0.088	0.853
	3C2X	0.106	0.85
	4A1X	0.081	0.831
	4B1X	0.104	0.83
	4C1X	0.087	0.828
	4C2X	0.083	0.827
	5A1X	0.104	0.818
	5B1X	0.097	0.817
	5C1X	0.098	0.811
	5C2X	0.103	0.81

Tabel 3. 14 UC Joint Can Kondisi Badai Kedalaman Minimum

Lokasi	Joint	Load UC	Strength UC
Elevasi (-) 96.9 m	201L	0.12	0.829
	202L	0.112	0.838
	203L	0.117	0.831
	204L	0.087	0.831
	301L	0.126	0.851
Elevasi (-) 75 m	302L	0.12	0.855
	303L	0.13	0.896
	304L	0.122	0.904
	401L	0.373	0.906
Elevasi (-) 50 m	402L	0.308	0.907
	403L	0.373	0.938
	404L	0.319	0.938
	501L	0.488	0.919
Elevasi (-) 25 m	502L	0.36	0.922
	503L	0.385	0.95
	504L	0.29	0.946
	601L	0.222	0.928
Elevasi (+) 4.805 m	602L	0.161	0.925
	603L	0.201	0.943
	604L	0.18	0.944
	2A1X	0.101	0.939
Joint X-Brace	2B1X	0.09	0.946
	2C1X	0.099	0.909
	2C2X	0.098	0.904
	3A1X	0.106	0.905
	3B1X	0.101	0.898
	3C1X	0.088	0.853
	3C2X	0.106	0.85
	4A1X	0.083	0.833
	4B1X	0.103	0.829
	4C1X	0.089	0.83
	4C2X	0.084	0.828
	5A1X	0.109	0.823
	5B1X	0.099	0.819
	5C1X	0.105	0.818
	5C2X	0.105	0.812

3. Kapasitas Pile

Nilai kapasitas pile dan beban yang aktual yang terjadi pada pile beserta nilai safety factor setiap kondisi

Tabel 3. 15 Nilai Pile Axial dan Safety Factor Kondisi Badai Kedalaman Maksimum

Pile Head Joint	OD (cm)	Kapasitas Tekan (kN)	Beban Aksial Tekan (kN)	Load Comb.	Safety Factor
101P	152.4	68939.7	16548.1	4111	4.17
102P	152.4	68939.7	15989.2	4111	4.31
103P	152.4	68939.3	20655.5	4111	3.34
104P	152.4	68939.3	19327.3	4111	3.57

Tabel 3. 16 Nilai Pile Axial dan Safety Factor Kondisi Badai Kedalaman Minimum

Pile Head Joint	OD (cm)	Kapasitas Tekan (kN)	Beban Aksial Tekan (kN)	Load Comb.	Safety Factor
101P	152.4	68939.7	16543.4	4011	4.17
102P	152.4	68939.7	15981.2	4011	4.31
103P	152.4	68939.3	20165.9	4011	3.42
104P	152.4	68939.3	19319.6	4011	3.57

Tabel 3. 17 Nilai Pile Axial dan Safety Factor Kondisi Operasi Kedalaman Maksimum

Pile Head Joint	OD (cm)	Kapasitas Tekan (kN)	Beban Aksial Tekan (kN)	Load Comb.	Safety Factor
101P	152.4	68939.7	13493.2	3111	5.11
102P	152.4	68939.7	13143.7	3111	5.25
103P	152.4	68939.3	16762.3	3111	4.11
104P	152.4	68939.3	16693.3	3111	4.13

Tabel 3. 18 Nilai Pile Axial dan Safety Factor Kondisi Operasi Kedalaman Minimum

Pile Head Joint	OD (cm)	Kapasitas Tekan (kN)	Beban Aksial Tekan (kN)	Load Comb.	Safety Factor
101P	152.4	68939.7	13576.1	3011	5.08
102P	152.4	68939.7	13443.3	3011	5.13
103P	152.4	68939.3	16843.7	3011	4.09
104P	152.4	68939.3	16810.5	3011	4.10

4. Defleksi

Defleksi vertikal maksimum yang terjadi pada struktur untuk setiap kondisi dan batasannya ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 3. 19 Defleksi Vertikal Maksimum

Condition		Load Comb.	Acting Joint		Relative Joint		Relative Def. (cm)	Defleksi Izin (cm)
			Joint	Def (cm)	Joint	Def (cm)		
1-year Operating	Max Water Depth	3125	0145	-5.533	0023	-2.565	-2.988	9.92
	Min Water Depth	3025	0145	-5.553	0023	-2.499	-3.054	9.92
100-years Storm	Max Water Depth	4151	0145	-4.566	0023	0.576	-3.99	9.92
	Min Water Depth	4051	0145	-4.563	0023	0.513	-4.05	9.92

Berdasarkan nilai defleksi vertikal maksimum diatas, dapat dilihat bahwa seluruh defleksi vertikal yang terjadi pada struktur berada dibawah nilai defleksi izin yang sudah ditentukan.

Defleksi horizontal maksimum yang terjadi pada struktur untuk setiap kondisi dan batasannya ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. 20 Defleksi Lateral Maksimum

Condition		Load Comb.	Acting Joint		Relative Joint		Relative Def. (cm)	Defleksi Izin (cm)
			Joint	Def (cm)	Joint	Def (cm)		
1-year Operating	Max Water Depth	3151	0240	2.225	703L	2.114	0.111	4
	Min Water Depth	3031	0240	2.221	703L	1.975	0.246	4
100-years Storm	Max Water Depth	4151	0240	-2.555	703L	3.96	1.425	4
	Min Water Depth	4051	0240	-2.533	703L	4.13	1.597	4

Berdasarkan nilai defleksi horizontal maksimum diatas, dapat dilihat bahwa seluruh defleksi horizontal yang terjadi pada struktur berada dibawah nilai defleksi izin yang sudah ditentukan.

Defleksi pilehead maksimum yang terjadi pada struktur untuk setiap kondisi dan batasannya ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. 21 Defleksi Pilehead Maksimum

Condition		Load Comb.	Joint	X (cm)	Y (cm)	Resultan (cm)	Defleksi Izin (cm)
1-year Operating	Max Water Depth	3121	101P	2.091	-1.859	2.798	14.224
	Min Water Depth	3021	101P	2.073	-1.866	2.789	14.224
100-years Storm	Max Water Depth	4151	101P	2.252	-1.857	2.919	14.224
	Min Water Depth	4041	101P	2.195	-1.863	2.880	14.224

Berdasarkan nilai defleksi pada *pilehead* diatas, dapat dilihat bahwa seluruh defleksi *pilehead* yang terjadi pada struktur berada dibawah nilai defleksi izin yang sudah ditentukan.

HASIL ANALISIS SEISMIK

1. Unity Check Member

Hasil analisis seismik pada bagian tegangan member yang ditunjukkan dengan nilai UC yang ditampilkan pada tabel berikut

Tabel 3. 22 Hasil UC Kondisi Gempa SLE

Deskripsi	Member Group	Critical Member	Load Combination	Unity Check
Boat Landing	BL1	0828-0812	ESEX	0.2
Cellar Deck	CD3	0135-039	DL	0.97
Conductor Guide Deck	CGD	844C-0170	WGTH	0.91
Conductor Guide Jacket	CGJ	1033-258F	ESEX	0.71
Conductor	CON	545C-645C	WGTH	0.75
Crane Leg	CRL	0735-0505	ESEX	0.1
Deck Leg	DL	0051-0047	WGTH	0.94
Horizontal Bracing	HOR	1124-203L	ESEX	0.92
Jacket Leg	LG8	704L-804L	WGTH	0.92
Penyangga Main Deck	MC1	0636-0069	ESEX	0.46
Main Deck	MD1	0198-0047	ESEX	0.97
Pile	PL3	204P-304P	ESEX	0.48
Top Deck	TD4	0291-0264	ESEY	0.78
Penyangga Top Deck	TM1	0920-0324	DL	0.95
X-Bracing	XBR	604L-5C2X	ESEY	0.31

Tabel 3. 23 Hasil UC Kondisi Gempa DLE

Deskripsi	Member Group	Critical Member	Load Combination	Unity Check
Boat Landing	BL1	0828-0812	ESEX	0.25
Cellar Deck	CD2	0119-0128	WGTH	0.98
Conductor Guide Deck	CGD	844C-0170	WGTH	0.92
Conductor Guide Jacket	CGJ	1033-258F	ESEX	0.74
Conductor	CON	545C-645C	WGTH	0.78
Crane Leg	CRL	0735-0505	ESEX	0.15
Deck Leg	DL	0051-0047	WGTH	0.94
Horizontal Bracing	HOR	1124-203L	ESEX	0.94
Jacket Leg	LG8	704L-804L	WGTH	0.91
Penyangga Main Deck	MC4	0636-0069	ESEX	0.46
Main Deck	MD1	0198-0047	ESEX	0.97
Pile	PL3	204P-304P	ESEX	0.52
Top Deck	TD4	0291-0264	ESEY	0.78
Penyangga Top Deck	TM1	0920-0324	DL	0.95
X-Bracing	XBR	604L-5C2X	ESEY	0.42

Berdasarkan hasil analisis tegangan member yang diwakilkan dengan UC member tersebut menunjukkan nilai kurang dari 1 baik pada tingkat SLE maupun tingkat DLE. Hal tersebut menunjukkan bahwa UC telah memenuhi kebutuhan sesuai dengan API RP-2A WSD.

2. Joint Punching Shear

Hasil dari analisis *joint punching shear* yang diwakilkan dengan nilai *Load UC* dan *Strength UC* terbesar setiap tingkat *horizontal bracing* ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 3. 24 UC Joint Punching Shear

Lokasi	Joint	Load UC	Strength UC
Elevasi (-) 96.9 m	201L	0.155	0.86
	202L	0.155	0.861
	203L	0.151	0.863
	204L	0.12	0.864
Elevasi (-) 75 m	301L	0.16	0.883
	302L	0.155	0.886
	303L	0.163	0.929
	304L	0.155	0.937
Elevasi (-) 50 m	401L	0.408	0.937
	402L	0.34	0.941
	403L	0.408	0.969
	404L	0.353	0.97
Elevasi (-) 25 m	501L	0.526	0.947
	502L	0.395	0.953
	503L	0.425	0.976
	504L	0.325	0.977
Elevasi (+) 4.805 m	601L	0.261	0.955
	602L	0.196	0.956
	603L	0.232	0.978
	604L	0.211	0.979
Joint X-Brace	2A1X	0.132	0.97
	2B1X	0.113	0.969
	2C1X	0.131	0.941
	2C2X	0.131	0.937
	3A1X	0.138	0.937
	3B1X	0.132	0.929
	3C1X	0.121	0.886
	3C2X	0.139	0.883
	4A1X	0.114	0.864
	4B1X	0.137	0.863
	4C1X	0.12	0.861
	4C2X	0.116	0.86
	5A1X	0.137	0.851
	5B1X	0.13	0.85
	5C1X	0.131	0.844
	5C2X	0.136	0.843

Hasil analisis *joint punching shear* yang diwakilkan dengan nilai *Load UC* dan *Strength UC* menunjukkan nilai kurang dari 1 baik untuk tingkat SLE maupun DLE.

3. Kapasitas Pile

Hasil dari analisis kapasitas pile yang diwakilkan dengan besar *safety factor* dari

tiap *pile head* pada struktur ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. 25 Kapasitas Pile Hasil Analisis Seismik

Kondisi	Joint	Capacity (kN)	Max Load (kN)	Safety Factor
Strength Level Earthquake	101P	78959,3	11448,3	6,90
	102P	78959,3	10405,8	7,59
	103P	78959,2	13625,1	5,80
	104P	78959,2	12158,8	6,49
Ductility Level Earthquake	101P	78959,3	12398,5	6,37
	102P	78959,3	10892,2	7,25
	103P	78959,2	14864,3	5,31
	104P	78959,2	13044,5	6,05

Hasil analisis kapasitas *pile* menunjukkan nilai kapasitas *pile* memiliki *safety factor* lebih besar dari nilai izin sebesar 1.00.

HASIL ANALISIS FATIGUE

Tabel berikut menunjukkan nilai *service life* terkecil hasil analisis *fatigue* yang dimiliki stuktur yang telah di desain.

Nilai *service life* dengan *safety factor* senilai 2,0 ditunjukkan pada **Tabel 3.26**.

Tabel 3. 26 Service Life Terkecil Platform SF 2

JOINT	MEMBER	GRUP ID	DAMAGE	SERVICE LIFE
636	0421-0636	TM1	0.914258	21.87566
503L	403L-503L	LG5	0.537208	37.22954
604L	504L-604L	LG6	0.502052	39.83651
518	0518-0134	MC4	0.162625	122.9822
604L	604L-5B1X	XBR	0.141222	141.6213

Nilai *service life* dengan *safety factor* senilai 5,0 ditunjukkan pada **Tabel 3.27**.

Tabel 3. 27 Service life terkecil Platform SF 5

JOINT	MEMBER	GRUP ID	DAMAGE	SERVICE LIFE
1107	1104-1107	MM	1.55E-06	12918.03
1127	1106-1127	MM	1.52E-07	13149.04
1126	1105-1126	MM	1.45E-07	13813.04
1107	1107-1105	MM	1.23E-07	16273.04
1122	1106-1122	MM	1.10E-07	18172.04

Nilai tersebut melebihi nilai *design life* yang telah ditentukan yakni sebesar 20 tahun.

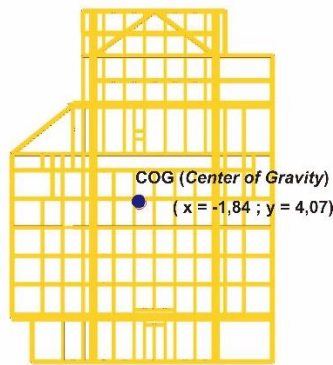
HASIL ANALISIS LIFTING

1. Center of Gravity

Berikut posisi *center of gravity* yang didapatkan.

Tabel 3. 28 Koordinat Center of Gravity

X Coordinate (m)	Y Coordinate (m)	Z Coordinate (m)
-1.84	4.07	18.11



Gambar 3. 6 Koordinat COG

2. Konfigurasi Lifting

Berikut posisi titik *hook crane* dan besar sudut *sling*.

Tabel 3. 29 Koordinat Hook Crane

X Coordinate (m)	Y Coordinate (m)	Z Coordinate (m)
-1.84	4.07	53

Tabel 3. 30 Besar Sudut Sling

Deskripsi	Besar Sudut (°)
1	74.73
2	69.77
3	60.61
4	63.17



Gambar 3. 7 Ilustrasi Sudut Sling Kondisi
Balanced

3. Analisis Konfigurasi Lifting

Berikut hasil analisis UC dalam analisis *lifting*.

Tabel 3. 31 Hasil UC Analisis Lifting

Deskripsi	Member Group	Member	Load Comb.	Unity Check (UC)	Load Comb.	Unity Check (UC)
Main Deck	MD1	0046-0053	L002	0.82	L003	0.97
Top Deck	TD2	0884-0049	L002	0.66	L003	0.83
Cellar Deck	CD2	0091-0116	L002	0.89	L003	1.13

SINGLE LAID SLINGS				
Nominal diameter	Recommended eye size		Minimum Breaking Load	
	length (cm)	width (cm)	metric ton	kN
44	72	36	138	1,354
51	86	43	184	1,805
57	101	51	230	2,256
58	101	51	240	2,354
64	112	55	291	2,855
71	127	63	359	3,522
76	152	76	411	4,032
77	152	76	425	4,169
92	214	106	600	5,886
103	254	127	800	7,848
114	280	140	930	9,212
128	300	150	1,138	11,164

Gambar 3. 8 Katalog Sling Hendrik Veder Group

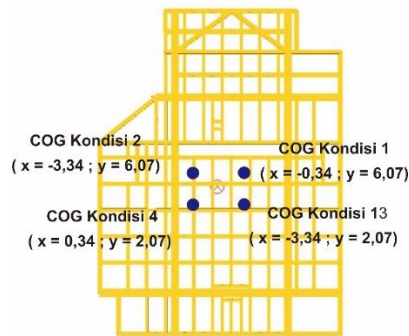
Tali *sling* yang digunakan harus memiliki nilai *minimum breaking load* lebih besar dari 1047.63 ton. Oleh karena itu, berdasarkan Gambar 3.8 dipilih tali *sling* yang memiliki diameter sebesar 128 mm dengan nilai *minimum breaking load* adalah sebesar 1138 ton.

WLL kN	Dia. Body	Dia. Pin	Dia. Eye	Width Eye	Width Inside	Length Inside	Width Bow	Length	Width	Width	Nut Thickness	Bearing Surface	Weight Each
55	60	57	115	55	95	250	160	396	304	270	45	100	50
75	70	70	140	70	105	290	186	467	359	345	54	120	67
125	85	80	155	85	130	365	220	569	428	410	64	150	110
150	94	95	180	89	140	390	250	627	441	455	50	170	160
200	110	105	200	100	150	480	275	744	474	508	50	205	220
250	126	120	228	110	170	540	300	842	528	600	60	240	320
300	135	134	245	122	185	600	350	926	594	620	70	265	350
400	160	160	295	145	220	575	370	964	686	715	80	320	635
500	170	180	330	160	250	680	450	1107	763	810	90	340	803
600	190	200	350	170	275	740	490	1207	828	913	100	370	980
700	200	215	392	190	300	750	540	1257	878	993	100	400	1260
800	218	230	420	200	325	850	554	1395	959	986	110	420	1430
900	242	255	466	220	350	850	584	1454	1040	1050	120	440	1650
1000	260	270	490	240	380	855	614	1497	1116	1176	120	460	2120
1250	285	300	510	260	430	930	650	1620	1193	1275	150	530	2400
1500	295	320	550	280	460	950	680	1710	1278	1350	160	580	2980

Gambar 3. 9 Katalog Shackle Van Beest Green

Shackle yang digunakan harus memiliki nilai *working load limit* lebih besar dari 261.93 ton. Oleh karena itu, berdasarkan Gambar 7.5 dipilih *shackle* yang memiliki nilai *working load limit* adalah sebesar 600 ton dengan diameter *pin* 200 milimeter.

Dalam analisis *lifting unbalanced* dilakukan pergeseran COG ke 4 titik yang berbeda. Dalam perhitungan didapatkan hasil analisis yang sama dengan analisis *lifting balanced* sehingga dapat menggunakan ukuran *sling* dan *shackle* yang sama.



Gambar 3. 10 Ilustrasi Pergeseran Center of Gravity

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Nilai unity check member maksimum hasil analisis in-place terjadi pada kondisi operasi pada kedalaman perairan maksimum, tepatnya pada member bagian *cellar deck* dengan nilai UC sebesar 1.00. Nilai tersebut telah memenuhi standar API RP2A – WSD.
2. Nilai unity check joint punching shear maksimum hasil analisis in-place terjadi pada kondisi badai dengan kedalaman perairan maksimum, tepatnya pada joint 501L dengan nilai UC sebesar 0,493. Nilai tersebut telah memenuhi standar API RP2A – WSD.
3. Nilai kapasitas pile dalam semua kondisi memiliki nilai yang sama dengan nilai safety factor sebesar 100. Nilai tersebut telah memenuhi standar API RP2A – WSD.
4. Nilai defleksi horizontal maksimum terjadi pada kondisi badai kedalaman maksimum yaitu sebesar 10.29 cm tepatnya pada *crane deck*. Nilai defleksi vertikal maksimum

terjadi pada kondisi badai kedalaman maksimum yaitu sebesar 3.835 cm tepatnya pada *cellar deck*. Defleksi *pilehead* maksimum terjadi pada kondisi badai kedalaman maksimum yaitu sebesar 2.95 cm tepatnya pada *pile 101P*. Ketiga nilai defleksi tersebut telah memenuhi standar SNI – 03 – 1729 – 2000.

5. Nilai *UC member* maksimum terjadi pada kondisi gempa DLE, tepatnya berada di *Cellar Deck* dengan nilai UC sebesar 0,98. Nilai tersebut telah memenuhi standar API RP2A – WSD.
6. Nilai *UC joint can* maksimum hasil analisis seismik terjadi pada kondisi gempa DLE, tepatnya pada *joint 501L* dengan nilai UC sebesar 0,461. Nilai tersebut telah memenuhi standar API RP2A – WSD.
7. Nilai *pile safety factor* minimum hasil analisis seismik terjadi pada kondisi gempa DLE, tepatnya pada *joint 103P* dengan nilai safety factor sebesar 5,31. Nilai tersebut telah memenuhi standar API RP2A – WSD.
8. Didapatkan nilai umur servis minimum sebesar 21,88 tahun, yang terjadi pada sambungan pada penyangga *deck*. Nilai ini telah mempertimbangkan safety factor sebesar 2,00. Nilai umur ini lebih besar dari pada nilai design life yaitu sebesar 20 tahun. Maka dari itu, struktur tidak akan mengalami kegagalan akibat *fatigue*.
9. Tali *sling* yang digunakan untuk proses *lifting balance* dan *unbalanced* diadaptasi dari katalog milik *Hendrik Veder Group* dengan diameter sebesar 128 mm dan nilai *minimum breaking load* sebesar 1138 ton.
10. *Shackle* yang digunakan untuk proses *lifting balance* dan *unbalanced* diadaptasi dari katalog milik *Van Beest Green Pin* dengan

diameter *pin* sebesar 200 mm dan nilai *working load limit* adalah sebesar 600 ton.

5. SARAN

Berikut saran untuk pengerjaan Tugas Akhir agar hasilnya menjadi lebih baik.

Data perlengkapan (*equipment*) sebaiknya dilengkapi dengan dimensi alat agar penginputan pembebanan dapat semakin akurat sehingga pemodelan menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute (2002): Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms—Working Stress Design (21 ed.), American Petroleum Institute., Washington D. C.
- American Petroleum Institute (2004): Specification for Line Pipe (43 ed.), American Petroleum Institute, Washington, D.C.
- Tawekal, R. L. (2017): Catatan Kuliah KL-4120 Anjungan Lepas Pantai, Penerbit ITB, Bandung.
- Yuanita, N., dan Ilman, E. C. (2017): Instalasi Tiang/Pile pada Bangunan Laut, Dipresentasikan pada KL 3206 Metode Konstruksi Bangunan Laut.