

ANALISIS UPENDING PADA WELLHEAD PLATFORM TIGA KAKI

UPENDING ANALYSIS ON 3-LEGGED WELLHEAD PLATFORM

Muhamad Yoga Wisambudhi¹ dan Rildova, Ph. D²

Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB, Bandung

Email: yoga.wisambudhi@gmail.com

ABSTRACT

This thesis aims to obtain feasible upending scenario based on GL Noble Denton 0028 / ND "Guidelines for the Transportation and Installation of Steel Jackets" criteria and compare the technical terms for the 3 upending methods these are controlled ballasting, tandem crane upend, and controlled ballasting - crane assisted which is a combination of the two previous methods. Before upending analysis conducted, first the structure to be declared eligible to be constructed and meet the service life design, 20 years, based on American Petroleum Institute "Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms" (API RP2A) with in place analysis and fatigue analysis. Buoyancy tank flooding scheme provide upending force for controlled ballasting upending method. For tandem crane method, no flooding scheme but 2 hook crane used to provide upending force and take the weight of the jacket. On controlled ballasting-crane assisted method, buoyancy tank dominate on providing upending force because hook crane to be maintained in minimum load. The results shows all of 3 method possibly to be conducted based on DNV GL Noble Denton No. 0028/ND criteria.

Key words: *in place, fatigue, upending, ballasting, crane*

PENDAHULUAN

Para pelaku bidang energi meyakini bahwa energi minyak dan gas bumi masih mendominasi permintaan masyarakat hingga beberapa waktu ke depan. Struktur jacket platform sebagai fasilitas utama kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi di lepas pantai masih menjadi pilihan utama di Indonesia mengingat kondisi perairan yang sangat cocok untuk struktur tipe ini. Biaya konstruksinya yang relatif mahal mendorong para ahli untuk menekan biaya tersebut seefisien mungkin. Maka perancangan yang detail dan dengan metode yang terbaharui perlu dilakukan dalam setiap tahapan konstruksi. Konstruksi jacket platform akan melalui fase instalasi dimana salah satunya adalah upending. Upending adalah kegiatan di laut lepas untuk menegakkan jacket dari posisi horizontalnya setelah diluncurkan maupun masih di atas barge.

Proses perancangan kegiatan upending turut mempertimbangkan ukuran struktur, ketersediaan alat berat, kondisi perairan, dan geometri struktur. Aspek-aspek tersebut akan menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan metode upending dan juga mempengaruhi rancangan konfigurasi upending. Analisis pada kegiatan upending yang tepat akan menghasilkan metode yang paling efektif dan efisien dan terhindar dari kecelakaan pengerjaan.

TEORI DAN METODOLOGI

Tugas akhir ini menganalisis in place, fatigue, dan upending pada jacket platform 3 kaki (Lihat Gambar 1) di perairan selat Mahakam.

¹Mahasiswa

²Dosen Pembimbing



Gambar 1 Model struktur jacket platform

Analisis In Place

Analisis in place merupakan simulasi gaya-gaya yang terjadi pada saat struktur beroperasi. API RP 2A merekomendasikan untuk melakukan analisis pada kondisi *operating* dan *storm*. Adapun beban-beban yang terjadi pada struktur antara lain beban mati, beban hidup, dan beban lingkungan (gelombang, arus, dan angin).

Beban mati dan beban hidup berasal dari peralatan dan juga aktivitas manusia di atas lantai *deck* dan *jacket walkway*. Beban mati nilainya tidak berubah pada kedua kondisi analisis dimana beban hidup akan berkurang ketika dilakukan analisis kondisi *storm*. Beban gelombang, arus, dan angin terdiri dari data 1 tahunan dan data 100 tahunan. Masing-masing set data untuk analisis pada kondisi *operating* dan *storm*. Kehadiran *marine growth* juga harus dipertimbangkan.

Penghitungan gaya-gaya akibat gelombang dan arus tidak dapat dipisahkan dan akan dibangkitkan bersamaan menjadi gaya global pada struktur oleh *software*. Gaya hidrodinamika lokal pada silinder dapat dihitung menggunakan persamaan Morisson di bawah ini:

$$F = F_D + F_I = C_D \frac{\rho}{2g} AU|U| + C_M \frac{\rho}{g} V \frac{\delta U}{\delta t} \quad (1)$$

Gaya angin didapat dari penghitungan data kecepatan angin pada elevasi rencana terhadap area struktur di atas muka air. Koreksi data kecepatan angin pada elevasi referensi (10 m) terhadap elevasi rencana menggunakan persamaan (2) di bawah ini:

$$V_z = V \left(\frac{z}{z_R} \right)^m \quad (2)$$

Kalkulasi gaya angin dilakukan dengan persamaan (3) dengan kecepatan angin pada elevasi desain (V_z).

$$F = \frac{1}{2} \rho C_s A V_z^2 \quad (3)$$

Beban lingkungan (gelombang, arus, dan angin) disimulasikan pada 12 arah, berdasarkan API RP 2A, pada struktur jacket 3 kaki. Seluruh beban dikombinasikan (termasuk beban hidup dan beban mati) baik pada kondisi *operating* maupun kondisi *storm*.

Analisis Fatigue

Analisis *fatigue* bertujuan untuk mendapatkan masa layan dari struktur. Kriteria yang harus dipenuhi adalah masa layan aktual > masa layan rencana.

Beban lingkungan hanya berupa beban gelombang siklik dengan seluruh rentang kelas gelombang yang terjadi pada periode ulang tertentu tanpa beban arus.

Fenomena *fatigue* pada member didefinisikan dengan *cumulative damage ratio* (D) dari perbandingan jumlah beban siklik yang terjadi (n) dengan jumlah beban siklik yang diijinkan (N) pada rentang *hot spot stress* yang terjadi:

$$D = \sum(n/N) \quad (4)$$

Maka, nilai masa layan (*service life*) didapat dari nilai *damage* (D) dengan persamaan (5):

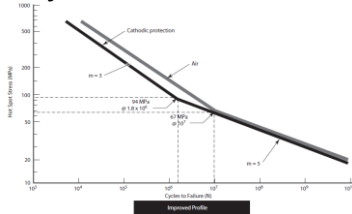
$$Service\ Life = \frac{Design\ Life}{D} \quad (5)$$

Tegangan pada sambungan las sangat rawan dengan kondisi *fatigue* dimana terjadi kondisi tegangan terkonsentrasi pada tiap sambungan tubular. Nilainya didapat dari tegangan lokal member yang dikalikan dengan suatu *stress concentration factor* (SCF). Tegangan tersebut dinamakan *hot spot stress* (HSSR).

$$HSSR = SCF \times Nominal\ Brace\ Stress\ Range \quad (6)$$

SCF didapatkan dari formula yang telah banyak diajukan oleh para ahli misalnya Kuang, Alpha Kellog, dan Efthymiou. Formula SCF merupakan fungsi dari geometri sambungan, properti member, dan kondisi pembebanan (*loading pattern*). API RP 2A merekomendasikan untuk menggunakan formula SCF Efthymiou karena dinilai lebih akurat dan meliputi komponen variable dari fungsi-fungsi formula SCF.

Nilai HSSR digunakan untuk menentukan jumlah beban siklik ijin dari kurva S-N berikut:



Gambar 2 Kurva S-N.

Nilai tegangan pada kondisi statik dilipatgandakan pada kondisi dinamik dengan *dynamic amplification factor* (DAF). DAF merupakan fungsi dari frekuensi gelombang dan frekuensi alamiah struktur. DAF didapat dengan persamaan (7) di bawah ini:

$$DAF = \frac{1}{\sqrt{(1-\beta^2)^2 + (2\xi\beta)^2}} \quad (7)$$

β : frekuensi beban/frekuensi alamiah

Analisis Upending

Upending dapat dilakukan dengan 3 metode yaitu, controlled ballasting, tandem crane upend, dan controlled ballasting-crane assisted. Prinsip upending cukup sederhana dimana aspek-aspek yang terlibat hanya komponen gaya vertikal *buoyancy* dan *selfweight*. Orientasi struktur diwakilkan melalui *pitch angle* dan *roll angle*, dimana fase akhir upending di tandai dengan *pitch angle* struktur mencapai 90° . Prinsip kesetimbangan struktur di rumuskan sebagai berikut:

$$|\sum F_b + \sum F_{sling}| \geq \sum F_w \quad (8)$$

$$\sum M_x \Rightarrow \sum F_b \cdot x_b + \sum F_{sling} \cdot x_{sling} - \sum F_w \cdot x_{sling} = 0 \quad (9)$$

$$\sum M_z \Rightarrow \sum F_b \cdot z_b + \sum F_{sling} \cdot z_{sling} - \sum F_w \cdot z_{sling} = 0 \quad (10)$$

Kriteria yang harus dipenuhi pada analisis upending berasal dari dokumen GL Noble Denton 0028/ND *Guidelines for The Transportation and Installation of Steel Jackets*. Kode ini memberikan kriteria minimum pada *reserve buoyancy*, *seabed clearance*, dan *minimum stability*.

Tabel 1 Kriteria Minimum Reserve Buoyancy

Case	Intact	Damaged
Launched Jacket after launch	15%	5%
During upend by ballasting, without crane assistance	Sufficient to maintain required seabed clearance criteria (See Tabel 2)	
Lifted jacket, if required to be re-rigged prior to upend	10%	5%

Tabel 2 Kriteria Minimum Seabed Clearance

Case	Intact	Damaged
During launch	Greater 10% of water depth or 5 meter	> 0 m
During upend by controlled ballasting, with or without crane assist	5 m	> 0 m
Self-upending jacket during upend	Greater 10% of water depth or 5 m	> 0 m

Tabel 3 Kriteria Minimum Stability

Case	Intact GM	Damaged GM
After launch, transverse and longitudinal	0.5 m	0.2 m
During upend, transverse	0.5 m	0.2 m
During upend, longitudinal	> 0 m	> 0 m
After upending, before final position, both directions	0.5 m	0.2 m

HASIL DAN ANALISIS

Analisis In Place

Kriteria *unity check ratio* (UC) < 1 harus dipenuhi pada analisis statik in place. Dimana UC adalah:

$$\frac{\text{Tegangan aktual}}{\text{Tegangan izin}} = \text{Unity check ratio} \quad (11)$$

Untuk tegangan izin (*allowable stress*) didapatkan dari:

$$\frac{F_y}{SF} = F_{allowable} \quad (12)$$

Kriteria UC minimum berdasarkan API RP 2A, sebagai berikut:

Tabel 4 Kriteria UC Ratio API RP 2A

Kondisi	Kriteria Unity Check Ratio (UC)
Operasi	1.00
Badai	1.33

Hasilnya adalah UC maximum terjadi pada salah satu deck leg dengan UC **0.96** pada kondisi operasi dan **0.93** pada kondisi badai.

Analisis kekuatan juga dilakukan pada sambungan tubular yang dinamakan *joint can analysis*. Dimana nilai UC ratio didapatkan dari persamaan (13) di bawah ini:

$$\frac{v_p}{v_{pa}} = UC \quad (13)$$

Dengan punching shear didapatkan dari persamaan (14):

$$v_p = \tau f \sin \theta \quad (14)$$

Untuk allowable punching shear menggunakan persamaan (15):

$$v_{pa} = Q_q Q_f \frac{F_{yc}}{0.6 \gamma} \quad (15)$$

Hasilnya, UC maksimum sebesar 0.637 pada kondisi **operasi** dan 0.762 untuk kondisi **badai**.

Analisis Fatigue

Struktur mengalami modifikasi dari desain awal struktur pada analisis in place pada member-member berikut:

Tabel 5 Daftar Modifikasi Member

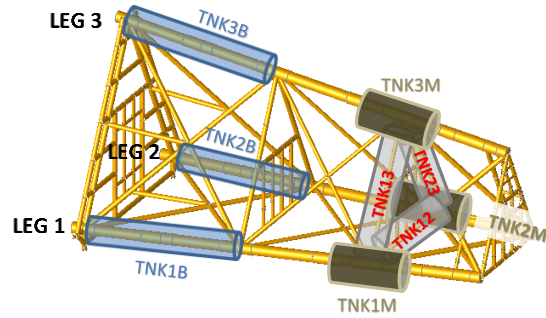
Member Group ID	Initial Dimension		Final Dimension	
	Outside Diameter	Wall Thickness	Outside Diameter	Wall Thickness
VSB	16"	0.5"	16"	1"
VM	24"	0.5"	24"	1"
3HC	24"	0.5"	24"	1"

Member Group ID	Initial Dimension		Final Dimension	
	Outside Diameter	Wall Thickness	Outside Diameter	Wall Thickness
3HB	20"	1"	20"	1.5"
2SB	18"	0.625"	18"	1"

Sehingga, seluruh member memiliki masa layan > 20 tahun. Kecuali member V001-V120 yang memiliki *service life* sekitar 14 tahun. Hal ini bisa saja diterima dengan catatan dilakukan inspeksi menjelang berakhirnya masa layan member tersebut untuk diputuskan metode penanganan selanjutnya.

Analisis Upending – Metode Cotrolled Flooding

Metode ini menggunakan konfigurasi buoyancy tank seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Konfigurasi metode controlled flooding.

Detail spesifikasi tank dan *rate* pembocoran tank diberikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

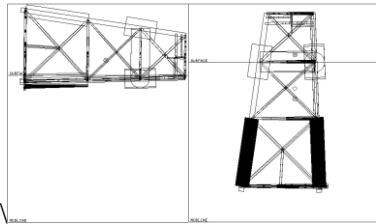
Tabel 6 Spesifikasi Buoyancy Tank

Buoyancy Tank	Dimensi	Fungsi
TNK1B TNK2B TNK3B	Outside diameter : 400 cm Wall thickness : 2.5 cm Length : 20.4 m	Memberikan buoyancy sesaat setelah <i>launching</i> dan memberikan gaya upending
TNK1M TNK2M TNK3M	Outside diameter : 600 cm Wall thickness : 2.5 cm Length : 10 m	Memberikan buoyancy sejak <i>launching</i> hingga tahap upending selesai
TNK12 TNK13 TNK23	Outside diameter : 400 cm Wall thickness : 2.5 cm Length TNK12: 17 cm Length TNK13 & TNK23: 18.39 cm	Memberikan buoyancy selama proses upending disamping fungsi utama yang menyediakan buoyancy saat posisi tegak

Tabel 7 Rate pembocoran Buoyancy Tank

Langkah	Pembocoran buoyancy tank		
	TNK1B	TNK2B	TNK3B
1	50%	50%	20%
2	70%	70%	30%
3	80%	80%	60%
4	100%	100%	100%

Fase upending dengan metode ini ditunjukkan pada Gambar 4 dimana pitch angle posisi akhir jacket adalah 90.02° .



Gambar 4 Tahap upending metode controlled flooding.

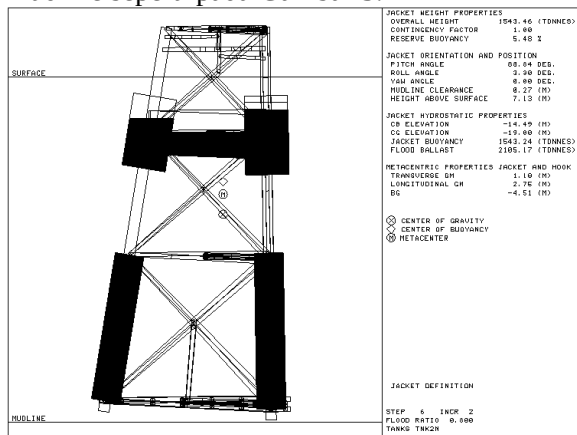
Hasil simulasi menunjukkan scenario upending diatas memenuhi seluruh kriteria kriteria.

Tahapan pasca upending adalah membuat jacket set-down dengan tahapan seperti pada Tabel 8.

Tabel 8 Rate Pembocoran Untuk Jacket Set-Down

Langkah	Increment	Pembocoran buoyancy tank					
		TNK 1M	TNK 2M	TNK 3M	TN K12	TN K13	TN K23
1	5	70%	70%	70%	50%	50%	50%
2	2	70%	80%	70%	50%	50%	50%

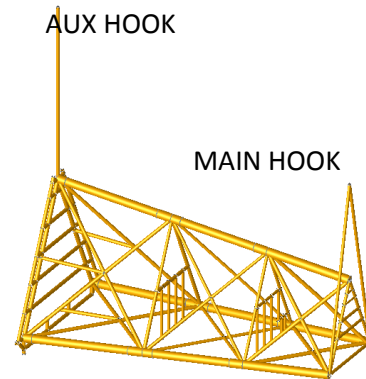
Hasilnya jacket dapat diturunkan pada elevasi mudline seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Jacket set-down metode controlled ballasting.

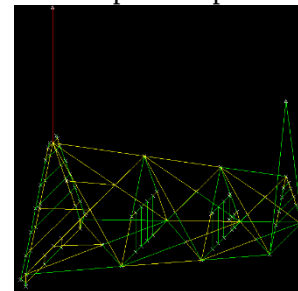
Analisis Upending – Metode Tandem Crane

Metode ini menggunakan 2 crane hook (Lihat Gambar 6), dimana 1 hook berfungsi sebagai penahan gaya berat struktur (main hook) dan lainnya sebagai pemberi gaya upending (auxiliary hook).



Gambar 6 Konfigurasi upending metode tandem crane.

Upending dengan cara ini tidak diawali dengan proses launching jacket melainkan dengan proses pengangkatan langsung dari barge. Dengan begitu, perlu dilakukan analisis *lifting* dengan hasil seperti Gambar 7. Warna pada member menunjukkan kelompok UC pada Tabel 9.



Gambar 7 Hasil analisis kekuatan struktur.

Tabel 9 Rentang Kelompok UC.

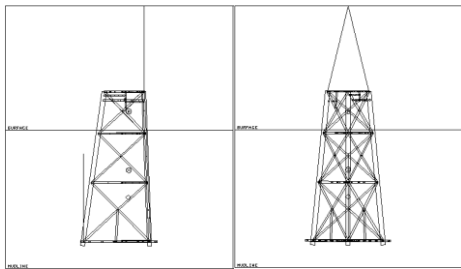
Unity Check Range	Warna
0 – 0.2	HIAU
0.2 – 0.3	KUNING
> 0.3	MERAH

Disimpulkan struktur dapat diangkat dengan konfigurasi seperti Gambar 7. Sehingga dapat dilanjutkan pada kegiatan upending. Tahapan upending diuraikan pada Tabel 10.

Tabel 10 Pendefinisian Langkah Upending.

Langkah	Elevasi Main Hook	Elevasi Auxiliary Hook
1	36 m	57.5 m
2	35 m	29 m
3	36 m	25 m
4	38 m	20 m
5	39 m	15 m
6	41 m	5 m
7	42 m	-5 m
8	42.5 m	-6.5 m
9	42.5 m	-8.2 m
10	43 m	-8.2 m

Hasilnya, struktur jacket memiliki pitch angle sebesar 90.12^0 di posisi akhirnya (Lihat Gambar 8) dengan memenuhi seluruh kriteria yang diatur GL Noble Denton 0028/ND.



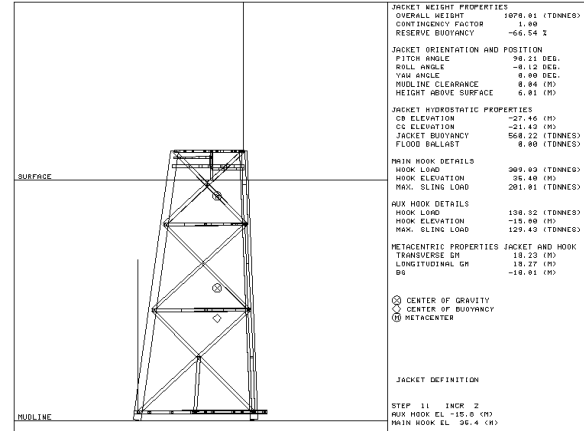
Gambar 8 Posisi akhir jacket metode tandem crane.

Tahapan upending dilanjutkan dengan jacket set-down. Dimana tahapannya diuraikan pada Tabel 11.

Tabel 11 Konfigurasi Jacket Set-Down Metode Tandem Crane

Langkah	Elevasi Main Hook	Elevasi Auxiliary Hook
1	35.4 m	-15.8 m

Sehingga menghasilkan posisi jacket seperti pada Gambar 9.



Gambar 9 Jacket set-down metode tandem crane.

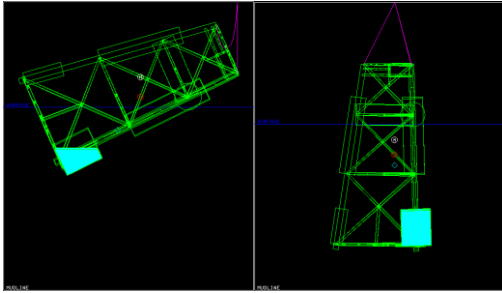
Analisis Upending – Metode Controlled Flooding – Crane Assisted

Metode ini menggunakan buoyancy tank sebagai komponen upending dan juga 1 hook crane untuk membantu pemenuhan kriteria minimum stability. Untuk mendapatkan perbandingan antar metode, maka konfigurasi buoyancy tank menggunakan konfigurasi yang sama pada metode controlled ballasting (Lihat Gambar 3). Konfigurasi upending ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12 Langkah Upending Metode Crane Assisted

Langkah	Pembocoran buoyancy tank		Elevasi Hook
	TNK1B	TNK2B	
1	30%	30%	20 meter
2	50%	50%	23 meter
3	80%	80%	37 meter
4	85%	85%	39 meter
5	90%	90%	38 meter
6	100%	100%	35 meter

Simulasi menghasilkan report plot seperti pada Gambar 10. Posisi akhir dengan pitch angle 89.47^0 dengan memenuhi seluruh kriteri dari GL Noble Denton 0028/ND dan pencapaian lainnya adalah beban pada hook crane dapat di *maintain* untuk tidak melewati 500 ton.



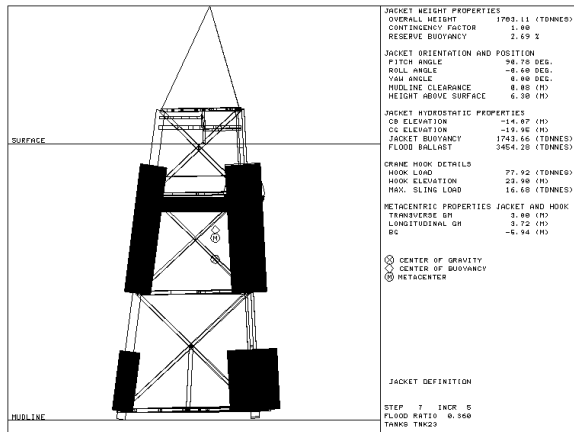
Gambar 10 Plot langkah upending metode crane assisted.

Upending kemudian dilanjutkan dengan tahapan jacket set-down yang konfigurasi seperti pada Tabel 13.

Tabel 13 Tahapan Jacket Set-Down Metode Controlled Ballasting-Crane Assisted

Pembocoran buoyancy tank							Elevasi Hook
TNK 1M	TNK2 M	TNK3 M	TNK3 B	TNK 12	TNK 13	TNK 23	
90%	100%	100%	100%	40%	36%	36%	23.9 m

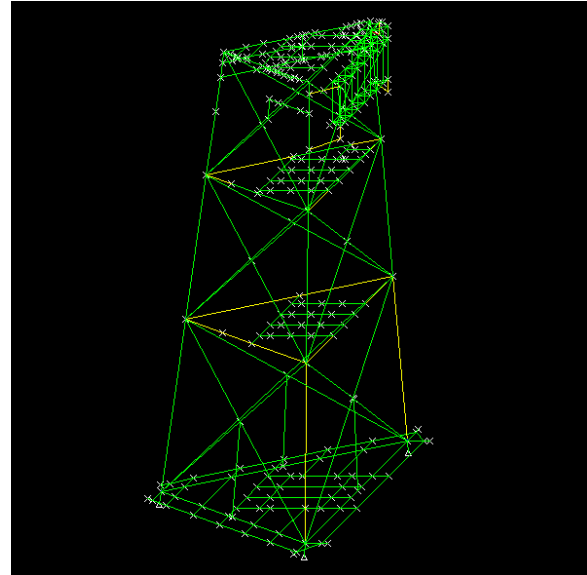
Sehingga didapatkan posisi jacket seperti pada Gambar 11.



Gambar 11 Posisi jacket pada mudline.

Static Jacket Set-Down Analysis

Analisis ini diperlukan untuk memastikan struktur tidak gagal ketika set-down. Ditampilkan dalam bentuk postvue seperti pada



Gambar 12 Postvue analysis jacket set-down.

Dengan UC range menggambarkan nilai UC pada tampilan postvue pada Tabel 14.

Tabel 14 UC Range

Unity Check Range	Warna
0 – 0.3	HIJAU
0.3 – 0.5	KUNING
> 0.5	MERAH

KESIMPULAN

1. UC member maupun UC joint punching shear telah memenuhi kriteria analisis in place
2. Umur layan member memenuhi kriteria masa layan rencana 20 tahun. Kecuali, member V001-V120 dengan umur layan 14 tahun.
3. Metode controlled ballasting berhasil menegakkan struktur dengan pitch angle 90.02° dengan memenuhi seluruh kriteria GL Noble Denton No. 0028/ND
4. Metode tandem crane dan controlled ballasting - crane assisted dinyatakan layak dilakukan karena berhasil menegakkan struktur dengan memenuhi seluruh kriteria kode GL Noble Denton 0028/ND.
5. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dengan 3 metode upending,

didapatkan perbandingan ke tiga metode tersebut yang ditampilkan pada Tabel 15.

Tabel 15 Perbandingan Metode Upending Dari Sisi Teknis

Aspek	Controlled Ballasting	Crane Vessel	Crane Assisted
Perencanaan	Sulit	Mudah	Mudah
Kestabilan	Rawan	Aman	Aman
Integritas Struktur	Aman	Rawan	Rawan
Kapasitas Crane	Tidak dibutuhkan	Besar	Minim

DAFTAR PUSTAKA

American Institute of Steel Construction. 1989. *AISC 9th Edition Manual of Steel Construction, Allowable Stress Design*. New York: American Institute of Steel Construction

American Petroleum Institute. 2007. *API RP 2A 21th Edition (WSD) Recommended Practice for Planning, Designing, and Construction Fixed Offshore Platform*. Washington D.C.: SAI Global – ILI Publishing

British Standards Institutions. 2004. *BS EN 10163-3:2004 Delivery Requirement for Surface Condition of Hot Rolled Steel Plates, Wide Flats, and Sections*. British Standards Institutions.

El-Reedy, Mohamed. 2012. *Offshore Structures: Design, Construction, and Maintenance*. Inggris: Elsevier.

Lee, G.C. 1982. *Design and Construction of Deep Water Jacket Platforms in Behavior of Offshore Structures*. Cambridge, Massachusetts: MIT.

Noble Denton. 2002. No: 0028/NDI *Guidelines for the Transportation and Installation of Steel Jacket*.

Tawekal, Prof. Ir. Rcky Lukman. 2011. *Bangunan Lepas Pantai I*. Bandung: Penerbit ITB