

Analisis *Lifting* dan *Upending* Pada *Well Head Platform* Madura Field

Nadhira Vidya Pramatma

Dosen Pembimbing: Prof. Dr. Ir. Ricky Lukman Tawekal

Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

ABSTRAK

Kegiatan eksplorasi minyak dan gas (migas) di Madura Field cukup ramai kini. Beberapa struktur baru direncanakan akan dibangun. Salah satunya adalah *Well Head Platform* yang dijadikan studi kasus dalam analisis *lifting* dan *upending* ini. *Jaket Well Head Platform* yang akan di-*instal* di Madura Field dalam studi ini memiliki berat sebesar 1399.22 kips. *Jaket* ini direncanakan untuk di-*instal* dengan menggunakan 1 unit crane saat *lifting* dan 2 unit crane saat *upending*. Konfigurasi yang direncanakan diolah untuk dianalisis kelayakan dari proses instalasi. Analisis yang dilakukan adalah analisis tegangan dan memeriksa konfigurasi dari struktur yang direncanakan apakah memenuhi kriteria sesuai dengan Noble Denton atau tidak. Analisis yang dilakukan dibantu oleh perangkat lunak SACS 5.3. Kelayakan yang ditinjau dapat dijadikan acuan dalam jaminan kesuksesan dan keselamatan selama proses instalasi berlangsung.

KATA KUNCI: *Lifting*; *Upending*;; Kriteria Noble Denton; Analisis Tegangan.

NOMENKLATUR

MSL = *Mean Sea Level*
CoG = *Center of Gravity (Pusat Gravitasi)*
GM = *Tinggi Metacentric*

PENDAHULUAN

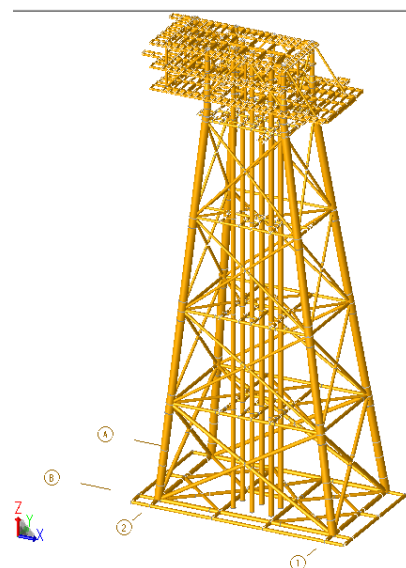
Untuk menginstal sebuah platform dengan jenis *jaket* diperlukan beberapa metode untuk melakukan proses instalasi secara aman. Beberapa metode tersebut adalah *lifting* dan *upending*. Biasanya dilakukan analisis tersendiri untuk proses *lifting* dan *upending* yang dilakukan. Dengan demikian akan mampu diperiksa apakah proses yang direncanakan akan aman saat

dilakukan dan berapa besar resiko kerusakan akan terjadi.

Pada analisis yang dilakukan diperlukan konfigurasi dari proses *lifting* dan *upending* yang direncanakan. Konfigurasi tersebut biasanya tergantung pada profil *jaket*, fasilitas yang tersedia (crane, sling, *padeye*, dan *tubular*), dan kondisi lingkungan di lokasi instalasi.

Pada studi ini objek yang dianalisis adalah *jaket Well Head Platform* di Madura Field, salah satu lokasi eksplorasi migas yang padat. *Jaket* ini memiliki 4 kaki dan tinggi 212.8 ft. Berat struktur *jaket* sebesar hampir 1400 kips ini menjadikan proses instalasi yang dipilih adalah menggunakan *lifting* dan *upending* dengan crane yang cukup kuat untuk melakukan proses tersebut.

PROFIL STRUKTUR



Gambar 1 Struktur *Jaket WHP* Madura Field

Dimana struktur tersebut mendapatkan beban gelombang, angin, dan arus. Struktur telah dianalisis *inplace* dalam kondisi operasi dan *storm*, juga dalam dianalisis seismik dan *fatigue*. Dimana hasil analisisnya menyatakan bahwa struktur layak untuk dibangun dan kuat menanggung beban dengan hasil *unity check* pada *member* dan *joint can* pada analisis-analisis di atas bernilai lebih kecil dari 1. Begitu juga dengan *pile safety factor* dari struktur dalam analisis *inplace* dan *seismic*, menghasilkan nilai *pile safety factor* > 1.

KODE & STANDAR UNTUK KRITERIA

Berdarkan Nobel Denton: *Guidelines For The Transportation & Installation of Steel Jackets*, terdapat beberapa kriteria pemodelan seperti *reserve buoyancy*, *seabed clearance*, dan *minimum stability*.

2.9.1 Reserve Buoyancy

Reserve Buoyancy yang digunakan pada analisis upending tidak kurang dari nilai yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Reserve Buoyancy

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

2.9.2 Seabed Clearance

Clearance selama proses launching dan upending, antara member jaket yang paling bawah dan seabed ditunjukkan dengan perhitungan dan/ atau tes model tidak kurang dari yang ditunjukkan pada table berikut. Pasang surut terendah yang diperkirakan selama instalasi dipertimbangkan. Kombinasi dari berat jaket, kontingensi berat, posisi pusat gravitasi, buoyancy, dan scenario kerusakan juga dipergunakan pada analisis.

Tabel 2 Seabed Clearance

Case	Clearance after allowing for all tolerances (including weight, tide, CoG & site survey)	
	Intact	Damaged
During launch	Greater of 10% of water depth	> 0m

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

2.9.3 Minimum Stability

Kestabilan benda terapung dapat diketahui dengan melihat letak titik metasentrik dan hubungannya dengan titik lain. Kondisi kestabilan dapat dipenuhi apabila titik metasentrik (M) berada di atas titik berat benda (G). Dengan demikian jarak garis GM bernilai positif dan benda akan mendapatkan efek dari *righting moment* yang cenderung membalikkan benda ke posisi semula.

Tinggi metasentis minimum setelah launching dan selama upending sebaiknya tidak kurang dari nilai yang ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Minimum GM

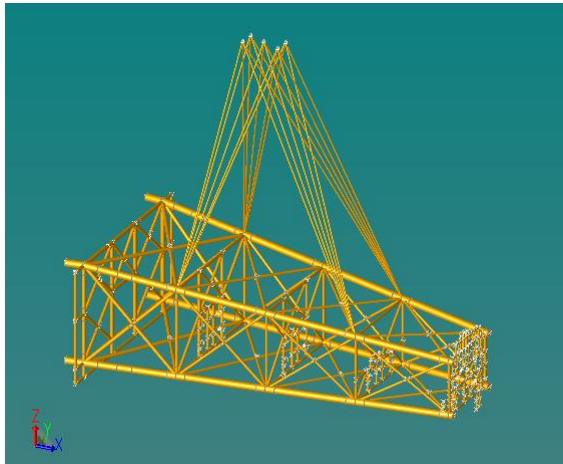
Case	Intact GM	Damaged GM
After launch, transverse, and longitudinal	0.5 m	0.2 m
During upend, transverse	0.5 m	0.2 m
During upend, longitudinal	> 0.0 m*	> 0.0 m*
After upending, before final positioning, both direction	0.5 m	0.2 m

ANALISIS LIFTING

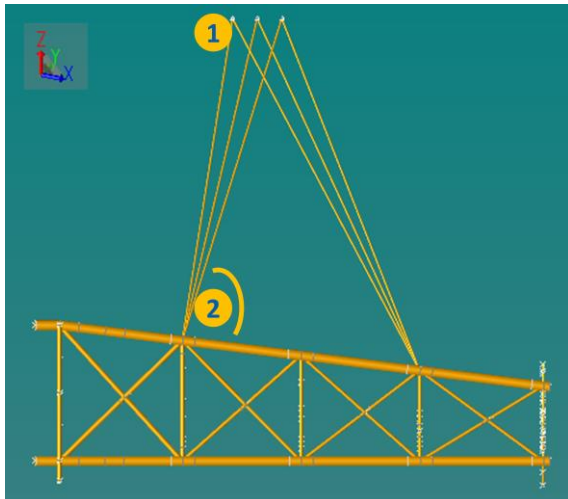
Pada analisis *lifting* ini struktur yang dimodelkan cukup diambil dari geometrinya saja. *Marine growth*, *corrosion allowance*, koefisien *drag* dan inersia, juga dimasukkan ke dalam analisis. Untuk konfigurasi sling terdapat batasan sudut antara sling dan jaket. Sesuai dengan Nobel Denton, sudut antara jaket dan sling ke arah horizontal adalah 60 derajat.

Pada konfigurasi ini lokasi *hook point* terletak di atas CoG. Dengan demikian dapat diatur lokasi *hook point*, *lifting point*, dan panjang sling agar kriteria dari konfigurasi sling dapat terpenuhi. Berikut merupakan

gambar konfigurasi dari analisis *lifting* yang digunakan pada struktur WHP Madura Field.



Gambar 1 Konfigurasi *Lifting* 3D



Gambar 1 Tampak Depan Konfigurasi Lifting

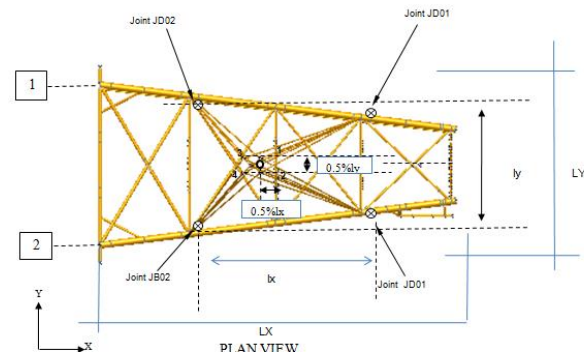
Keterangan:

1. Hook Point dengan 5 CoG.
2. Sudut antara sling dan jacket minimum 60°.

Lokasi CoG dari struktur yang sesungguhnya dapat diketahui dari hasil analisis statik dengan menggunakan mode run: static analysis sacdat.run dari SACS 5.3. Setelah mengetahui lokasi CoG struktur maka kemudian ditentukan lokasi CoG Shift di empat titik sekitar CoG. Keempat CoG shift digunakan untuk menganalisis apabila terdapat kesalahan perhitungan dari CoG struktur sehingga mengantisipasi terjadi kegagalan saat proses *lifting*.

Dengan perubahan CoG maka diperlukan adanya gaya kopel (couple force) untuk menyeimbangkan struktur. Pada pelaksanaannya biasanya *couple force* diberikan dengan menggunakan tenaga manusia yang menarik titik tertentu pada struktur agar seimbang.

Perhitungan lokasi CoG sudah ditentukan dalam standar Noble Denton. Lokasi CoG *shift* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:



$$X_{baruCoG} = 0.05Lx \dots\dots\dots(i)$$

$$Y_{baruCoG} = 0.05Ly \dots\dots\dots(ii)$$

Untuk menghitung momen di titik yang diminta dapat menggunakan persamaan berikut:

$$F_{xz} = \frac{Structure\ Weight\ (F_z) \cdot 0.5X_{baruCoG}}{I_x} \dots\dots\dots(iii)$$

$$F_{yz} = \frac{Structure\ Weight\ (F_z) \cdot 0.5Y_{baruCoG}}{I_y} \dots\dots\dots(iv)$$

Dengan demikian didapatkan perhitungan terhadap struktur jaket WHP dengan lokasi X dan Y CoG shift dan gaya kopelnya sebagai berikut:

Tabel 4 Koordinat CoG shift dan Gaya Kopel

Load Case	Joint				Joint			
	404L	403L	203L	404L	404L	403L	203L	404L
LOD1	-75.74	-75.74	75.74	75.74	-36.10	36.10	36.10	-36.10
LOD2	75.74	75.74	-75.74	-75.74	-36.10	36.10	36.10	-36.10
LOD3	-75.74	-75.74	75.74	75.74	36.10	-36.10	-36.10	36.10
LOD4	75.74	75.74	-75.74	-75.74	36.10	-36.10	-36.10	36.10
Joint	COG Coordinate (m)		Applied Couple Force at Joint (Kips)					
	x(FT)	y(FT)	404L	403L	203L	404L		
0036	10.862	-99.721	-111.84	-39.64	111.84	39.64		
0081	10.862	-108.879	39.64	111.84	-39.64	-111.84		
0069	-10.522	-99.721	-39.64	-111.84	39.64	111.84		

Pada proses *lifting* terdapat *joint* yang secara langsung maupun tidak langsung terhubung pada *hook point*. Dengan demikian pada analisis *lifting* ini digunakan tiga *load case*, yaitu untuk kondisi dari tiap *load case* seperti berikut ini:

Tabel 5 Load Case Pada Lifting Analysis

LOAD CASE 1	LOAD CASE 2	LOAD CASE 3
Kondisi CoG shift dengan faktor beban	Load Case 1 x 1.35 Untuk memeriksa <i>member</i> dan <i>joint</i> yang tidak secara langsung terhubung pada <i>hook point</i> .	Load Case 1 x 2.00 Untuk memeriksa <i>member</i> dan <i>joint</i> yang terhubung secara langsung pada <i>hook point</i> .

Pendefinisian sling untuk setiap posisi *hook point* dan properti *member*nya kemudian dilakukan pada *input* dengan format *gapinp*. Definisi sling yang dimasukkan untuk tiga jenis *load case* dalam satu *input*. Berikut merupakan *input gapinp* dan *jcinp* yang dilakukan pada studi kasus ini.

```
GAPOPT      0      EN 999 0.00001      M
LCGAP SL0 INC TO GRP SLG
LCGAP SL0 INC TO MEM 0013203L 0013204L 0013403L 0013404L
LCGAP SL0 INC NL MEM 0036203L 0036204L 0036403L 0036404L
LCGAP SL0 INC NL MEM 0081203L 0081204L 0081403L 0081404L
LCGAP SL0 INC NL MEM 0069203L 0069204L 0069403L 0069404L
LCGAP SL0 INC NL MEM 0068203L 0068204L 0068403L 0068404L
LCGAP SL1 INC TO GRP SLG
LCGAP SL1 INC NL MEM 0013203L 0013204L 0013403L 0013404L
LCGAP SL1 INC TO MEM 0036203L 0036204L 0036403L 0036404L
LCGAP SL1 INC NL MEM 0081203L 0081204L 0081403L 0081404L
LCGAP SL1 INC NL MEM 0069203L 0069204L 0069403L 0069404L
LCGAP SL1 INC NL MEM 0068203L 0068204L 0068403L 0068404L
LCGAP SL2 INC TO GRP SLG
LCGAP SL2 INC NL MEM 0013203L 0013204L 0013403L 0013404L
LCGAP SL2 INC NL MEM 0036203L 0036204L 0036403L 0036404L
LCGAP SL2 INC TO MEM 0081203L 0081204L 0081403L 0081404L
LCGAP SL2 INC NL MEM 0069203L 0069204L 0069403L 0069404L
LCGAP SL2 INC NL MEM 0068203L 0068204L 0068403L 0068404L
LCGAP SL3 INC TO GRP SLG
LCGAP SL3 INC NL MEM 0013203L 0013204L 0013403L 0013404L
LCGAP SL3 INC NL MEM 0036203L 0036204L 0036403L 0036404L
LCGAP SL3 INC NL MEM 0081203L 0081204L 0081403L 0081404L
LCGAP SL3 INC TO MEM 0069203L 0069204L 0069403L 0069404L
LCGAP SL3 INC NL MEM 0068203L 0068204L 0068403L 0068404L
LCGAP SL4 INC TO GRP SLG
LCGAP SL4 INC NL MEM 0013203L 0013204L 0013403L 0013404L
LCGAP SL4 INC NL MEM 0036203L 0036204L 0036403L 0036404L
LCGAP SL4 INC NL MEM 0081203L 0081204L 0081403L 0081404L
LCGAP SL4 INC NL MEM 0069203L 0069204L 0069403L 0069404L
LCGAP SL4 INC TO MEM 0068203L 0068204L 0068403L 0068404L
***LOAD FACTOR 1.35***
LCGAP SL01 INC TO GRP SLG
LCGAP SL01 INC TO MEM 0013203L 0013204L 0013403L 0013404L
LCGAP SL01 INC NL MEM 0036203L 0036204L 0036403L 0036404L
LCGAP SL01 INC NL MEM 0081203L 0081204L 0081403L 0081404L
LCGAP SL01 INC NL MEM 0069203L 0069204L 0069403L 0069404L
LCGAP SL01 INC NL MEM 0068203L 0068204L 0068403L 0068404L
LCGAP SL11 INC TO GRP SLG
LCGAP SL11 INC NL MEM 0013203L 0013204L 0013403L 0013404L
LCGAP SL11 INC TO MEM 0036203L 0036204L 0036403L 0036404L
```

Gambar 3 Input pada Gapinp.

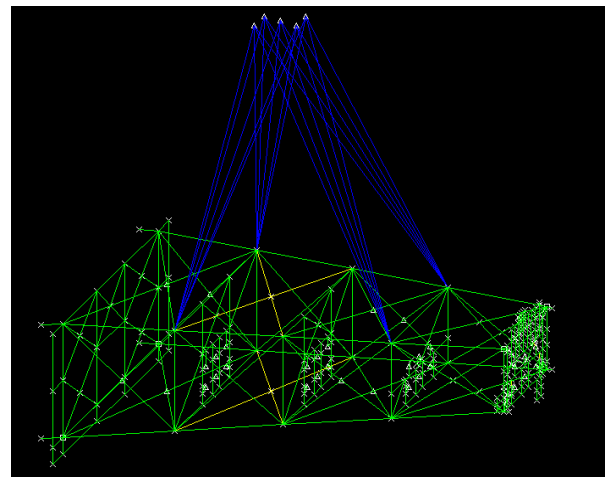
```
JCNOPT API EN      2.      C NID      FLMX      1.75
JSLC  101L102L103L104L201L202L203L204L301L302L303L304L401L402L403L404L501L502L
JSLC  503L504L
RELIEF
END
```

Gambar 4 Jcinp Lifting Analysis

Input yang telah dibuat kemudian di *run* dengan *mode static* dengan *gap element*. Dari analisis tersebut parameter yang dapat diperiksa adalah Unity Check (UC) dari grup *member* kaki *jaket*. Berikut merupakan hasil UC dari analisis yang dilakukan:

GRUP ID	MEMBER	LC	UC
B03	304L-0025	SL32	0.94
BR3	301L-0017	SL42	0.94
Z03	0775-0776	SL12	0.82
BR6	403L-0030	SL22	0.75
Y01	0411-0776	SL12	0.73
BR1	503L-0027	SL22	0.72
B01	502L-0019	SL12	0.71
B02	303L-0030	SL32	0.63
C01	0010-0005	SL22	0.61
Z01	404L-0802	SL12	0.59

Hasil tersebut menunjukkan bahwa struktur mampu menanggung tegangan akibat proses *lifting* dari *sling* dan *crane*. Data *postvue* yang dihasilkan oleh SACS adalah sebagai berikut:



Gambar 5 Postvue Lifting Analysis

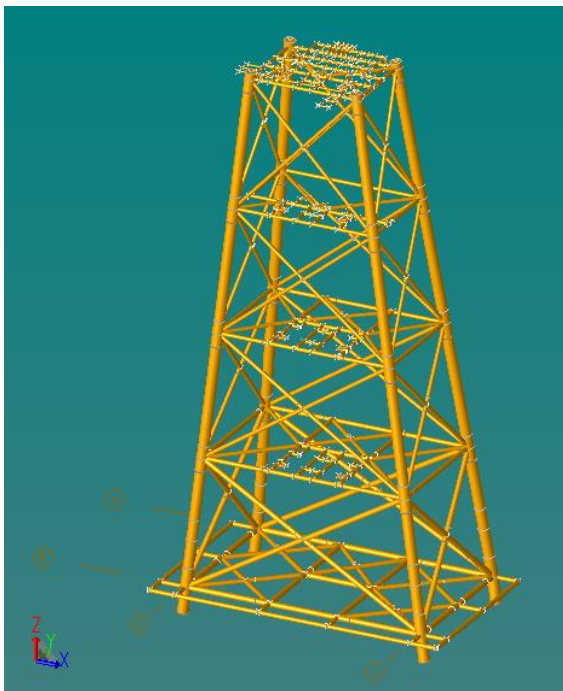
ANALISIS UPENDING

Upending merupakan salah satu kegiatan instalasi yang paling kritis. Oleh karena itu diperlukan analisis tegangan tersendiri agar proses *upending* yang

direncanakan dapat berlangsung dengan aman. Sama dengan *lifting*, *upending* pun memiliki konfigurasi tersendiri. Konfigurasi dari *upending* tidak jauh berbeda dari *lifting*. Namund dalam kasus ini pada konfigurasi *upending* yang dilakukan membutuhkan dua buah *crane*, yaitu *crane* utama dan *crane* pendamping.

Analisis *upending* yang menggunakan perangkat lunak SACS adalah dengan menggunakan modul *float analysis*. Untuk metode yang kita cukup memasukkan data elevasi dari masing-masing posisi *crane hook* pada format data fltinp. Dengan demikian tidak perlu dibuat pemodelan dengan jaket dan sling pada tiap step *upending* yang direncanakan.

Dengan metode *float analysis*, input yang diperlukan adalah model struktur dalam format sacinp dan data *floatation* yaitu posisi dan elevasi *crane hook*. Model yang akan digunakan dalam analisis ini adalah cukup jaket tanpa ada *riser*, *conductor*, *boatlanding*, dan yang lainnya. Dengan metode *float analysis* posisi jaket yang dimodelkan dalam posisi berdiri atau pada posisi biasa, buat tidur seperti *lifting*. Berikut merupakan bentuk model yang digunakan untuk analisis *upending* dengan metode *floatation analysis*.



Gambar 6 Model Jaket untuk Analisis *Upending*

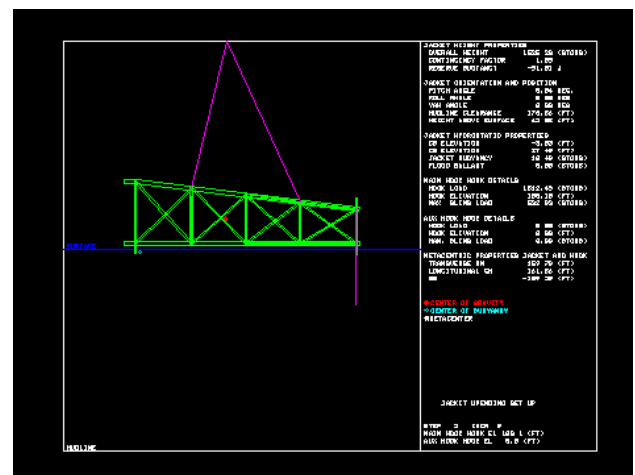
Setelah membuat model jaket, yang dilakukan kemudian adalah memasukkan data elevasi dari *crane hook*, yang dalam kasus ini ada dua yaitu *main hook* dan *auxiliary hook*. Dalam studi kasus ini skenario *upending* telah diberikan dalam bentuk data drawing dari setiap step *upending* beserta elevasinya.

Skenario dari *drawing* yang diberikan kemudian di-input ke dalam format data fltinp dalam modul *float analysis*. Bentuk datanya adalah sebagai berikut:

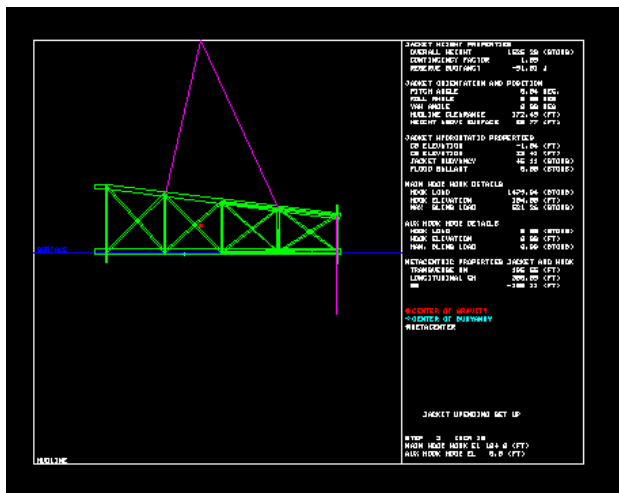
```
JACKET UPENDING SET UP
FLTOPT EN 181.76 64.049999 DHSC AL 0.01 0.1
JCRO +Z 490.0103L104L503L504L 1.09 490.0
PLOTB P3ALPV NEMTSF
PIETQ HL MC PA FB LM TM BG XB YB AR CG CB BU SL ST 27.8421.590.216
LCSEL 1
**LEG DEFINITION, DARI BAWAH SENDIRI SAMPAI KE ATAS
LEGDEF 103L503LLEG1 104L504LLEG2 102L502LLEG3 101L501LLEG4
**REF JOINT ADALAH MAIN JOINT YANG DI BAWAH, SEBAGAI ACUAN.
REFJNT 501L 502L 401L 402L 301L 302L 201L 202L 101L 102L
**MAIN HOOK DEFINITION**
HOCR MAIN HOOK
SLING J404L161.783 4. 10. SLP1 0.0001
SLING J403L161.779 4. 10. SLP2 0.0001
SLING J203L141.619 4. 10. SLP3 0.0001
SLING J204L141.625 4. 10. SLP4 0.0001
**AUXILIARY HOOK DEFINITION**
HOCR AUX HOOK
SLING J501L112.248 4. 10. SLP5 0.0001
SLING J503L110.308 4. 10. SLP6 0.0001
SLING J504L110.312 4. 10. SLP7 0.0001
SLING J502L112.252 4. 10. SLP8 0.0001
BEGIN
**STEP-1**
STEP 1 PL LA
HOCR MAIN HOOK 225.
HOCR AUX HOOK
**STEP-2**
STEP 10 PL LA
HOCR MAIN HOOK 184.
HOCR AUX HOOK
**STEP-3**
STEP 10 PL LA
HOCR MAIN HOOK 161.
HOCR AUX HOOK 50.
FLEG 1.0LEG1 LEG2
**STEP-4**
STEP 10 PL LA
HOCR MAIN HOOK 122.0833
HOCR AUX HOOK 75.5831
FLEG 1.0LEG1 LEG2 LEG3 LEG4
```

Gambar 2 Floatation Input untuk Analisis *Upending*

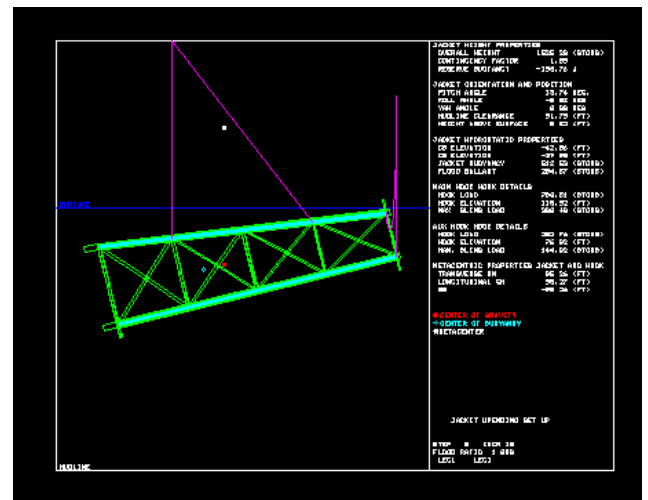
Hasil analisis *upending* dengan menggunakan modul *Floatation Analysis* berupa data *stress* dan juga *chart* dan *plot* dari skenario proses *upending* yang direncanakan dan diinput pada fltinp. Berikut merupakan hasil yang didapatkan dari hasil analisis *upending* dengan modul *Floatation Analysis*.



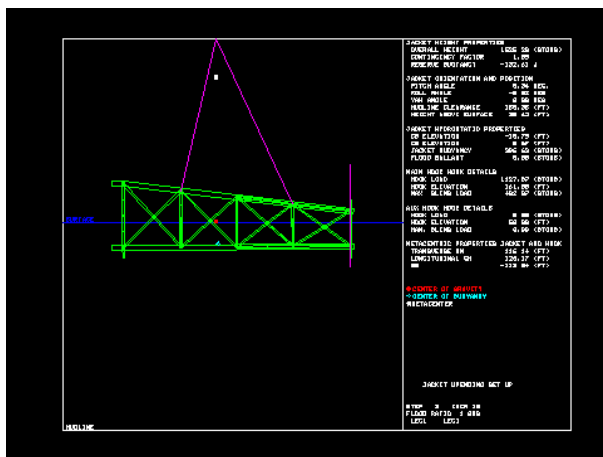
Gambar 7 Step 1 *Upending*



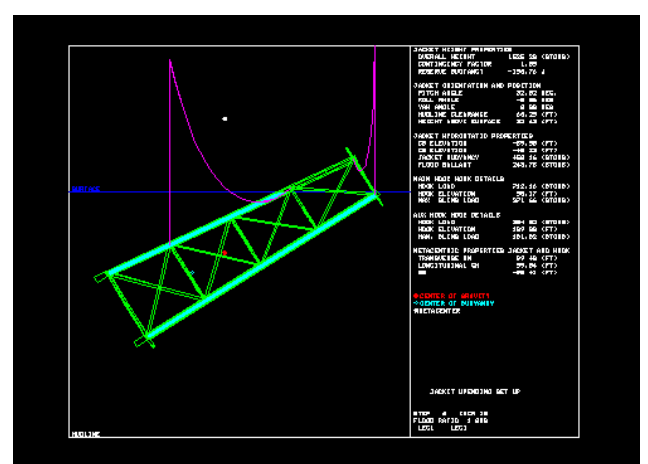
Gambar 8 Step 2 Upending



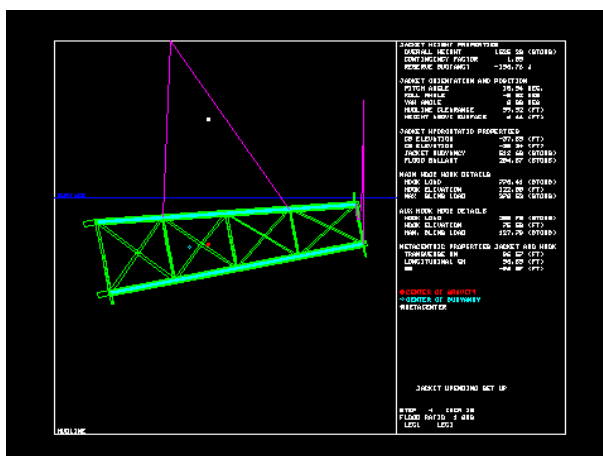
Gambar 13 Step 5 Upending



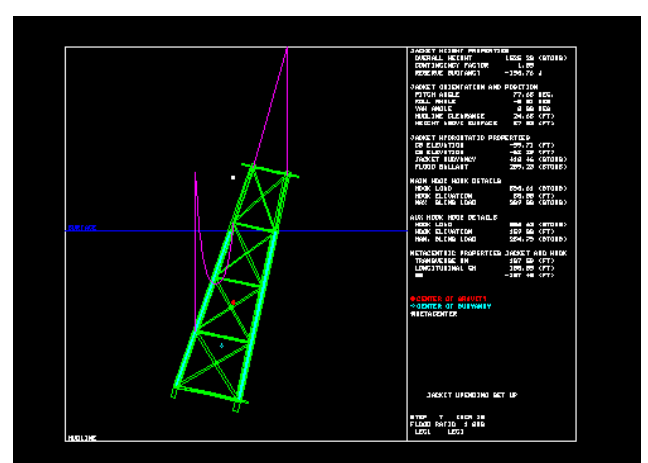
Gambar 9 Step 3 Upending



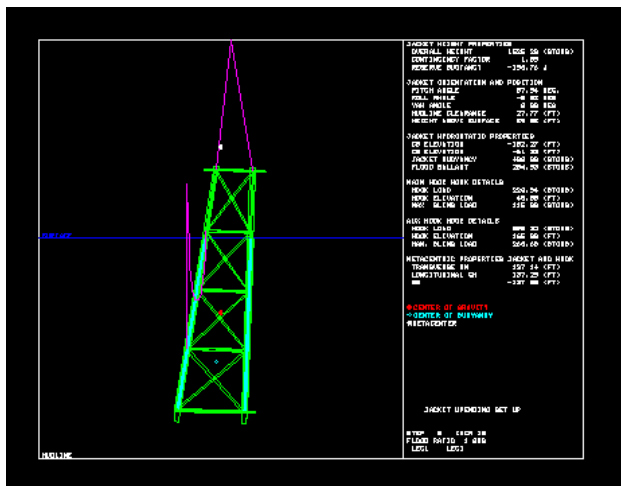
Gambar 10 Step 6 Upending



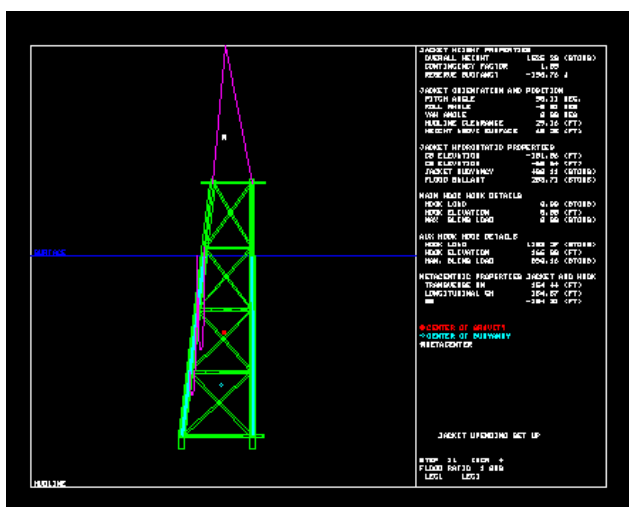
Gambar 3 Step 4 Upending



Gambar 12 Step 7 Upending



Gambar 14 Step 8 *Upending*



Gambar 15 Step 11 *Upending*

Setelah mendapatkan hasil dari analisis *upending* menggunakan modul floatation *analysis*, maka dapat diperiksa apakah skenario *upending* yang direncanakan layak atau tidak dikerjakan. Parameter yang digunakan untuk menilai kelayakan dari proses *upending* yang direncanakan adalah dengan meninjau *mudline clearance* pada step yang terakhir, dan meninjau lokasi titik metacentre dari struktur terhadap *Center of Bouyancy* struktur. Untuk lebih jelasnya aturan dari Noble Denton yang mengatur parameter kelayakan pada analisis *upending* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 di atas.

Dengan meninjau besar *mudline clearance* dan lokasi *metacenter* dari struktur pada analisis ini maka skenario *upending* yang direncanakan layak untuk dijalankan dengan *mudline clearance* sebesar 29.16 ft atau lebih sedikit dari 30 m (10% dari kedalaman) dan titik *metacentre*-nya terletak di atas *Center of Bouyancy* sehingga struktur tersebut stabil saat dilepas dari *crane* dan dapat berdiri di atas permukaan tanah dengan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Amerian Petroleum Institute. (2007). *Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platforms AP-RP2A WSD 21st edition*. Washington D.C.: API Publishing Services.
- Bai, Yong.(2003). *Marine Structural Design*. Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Galgoul, N. S. (2007). *Fatigue Analysis of Offshore Fixed and Floating Structures* . New York: O'Reilly Media.
- Gerwick Jr, B. (2007). *Construction of Marine and Offshore Structure*. San Francisco: CRC Press.
- Noble Denton Group Limited. (2010). *Technical Plicy Board Guidelines For Loadouts*.
- Hamburg: Noble Denton Group Limited.
- Noble Denton Group Limited. (2010). *Technical Plicy Board Guidelines For The Transportation and Installation Of Steel Jackets*.
- Hamburg: Noble Denton Group Limited.
- Noble Denton Group Limited. (2010). *Technical Policy Board Guidelines For Marine Lifting Operations*. Hamburg: Noble Denton Group Limited.
- Subrata, C. (2005). *Handbook of Offshore Engineering Vol 1 & Vol 2*. Oxford: Kidlington.
- Rida, R. (2010). *Analisis Flotation dan Upending pada Instalasi Struktur Jacket Delapan*
- Kaki. Bandung: Program Studi Teknik Kelautan ITB.
- Tawekal, R. L. (2008). *KL-4121 Bangunan Lepas Pantai I*. Bandung: Penerbit ITB.
- Tawekal, R. L. (2004). *KL-4131 Dasar-dasar Teknik Perkapalan*. Bandung: Penerbit ITB.