

ANALISIS PEMBONGKARAN DEK, KONDUKTOR, TIANG PANCANG DAN JAKET PADA STRUKTUR JAKET EMPAT KAKI

Decommissioning Analysis of a Four Legged Jacket Structure Focused on Deck, Conductor, Pile and Jacket

Anasya Arsita Laksmi¹ dan Ricky Lukman Tawekal²

Program Studi Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jl Ganesha 10 Bandung 40132

¹anasya.arsita@students.itb.ac.id dan ²ricky@ocean.itb.ac.id

Abstrak: Pembongkaran suatu anjungan lepas pantai (*decommissioning*) dapat dilakukan dengan berbagai skenario, namun tidak luput dari pengangkatan bagian-bagian strukturnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis *lifting* untuk mengetahui kelayakan struktur saat proses pengangkatan dan perhitungan durasi untuk mengetahui waktu yang diperlukan hingga pekerjaan berakhir. Lingkup pembahasan pembongkaran struktur jaket pada Tugas Akhir ini ialah analisis *in-place*, analisis *lifting* dan perhitungan durasi pembongkaran bagian dek, konduktor, tiang pancang serta jaket. Tiga skenario yang digunakan memiliki kapasitas *lifting* yang berbeda. Skenario 1 menggunakan batasan *crane* 300 ton dan skenario 2 menggunakan *crane* berkapasitas angkat 800 ton, sehingga bagian-bagian struktur harus dipotong menjadi bagian kecil. Sedangkan skenario 3 menggunakan *crane* berkapasitas 1600 ton, sehingga komponen dek dan jaket dapat diangkat secara keseluruhan. Hasil keluaran analisis *lifting* yang dilakukan pada tiap modul mengacu pada kriteria desain *unity check* (UC), yaitu lebih kecil dari satu. Disamping itu, hasil analisis penjadwalan menunjukkan skenario 3 merupakan skenario yang paling efektif.

Kata kunci: analisis, jadwal, pembongkaran, pengangkatan, *unity check*

PENDAHULUAN

Reservoir minyak dan gas bumi di lepas pantai memiliki kuantitas hidrokarbon dan akan mengalami masa dimana reservoir tidak dapat dieksploitasi lebih lanjut. Pada kondisi ini, fasilitas anjungan lepas pantai tidak lagi menjalankan fungsi utamanya. Disamping itu, dalam rangka menjamin keselamatan lingkungan hidup, telah disepakati dalam *International Maritime Organization* (IMO) 1989 bahwa struktur lepas pantai non-aktif tersebut perlu dibongkar. Metode pembongkaran (*decommissioning*) yang diterapkan untuk setiap struktur lepas pantai tergolong spesifik, tergantung pada jenis struktur dan peralatan penunjang yang digunakan.

Anjungan lepas pantai tipe jaket yang direncanakan dibongkar pada Tugas Akhir ini memiliki berat total dek sebesar 478.29 ton dan berat bagian jaket sebesar 703.15 ton.

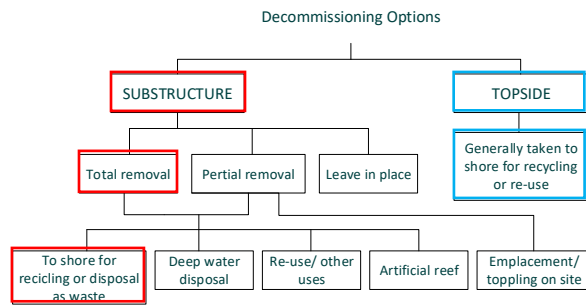
Disamping itu, akan dibahas tiga skenario pembongkaran dengan kapasitas *crane* yang berbeda. Skenario 1 menggunakan *crane* dengan kemampuan angkat 300 ton dan skenario 2 menggunakan *crane* berkapasitas angkat 800 ton, sehingga bagian-bagian struktur harus dipotong menjadi bagian kecil terlebih dahulu. Sedangkan skenario 3 menggunakan *crane* berkapasitas 1600 ton, sehingga komponen dek dan jaket dapat diangkat tanpa pemotongan menjadi bagian kecil.

Disamping itu, lingkup kegiatan *decommissioning* yang dibahas yaitu: pengangkatan dek, konduktor, tiang pancang dan jaket. Dengan demikian, perlu dilakukan analisis struktur untuk mengetahui kelayakan pelaksanaan kegiatan pengangkatan tersebut. Analisis pengangkatan (*lifting*) dilakukan untuk mengetahui konfigurasi pengangkatan yang tepat sehingga struktur tidak mengalami

kegagalan saat proses pengangkatan. Namun sebelum melakukan analisis tersebut, dilakukan analisis *in-place* untuk mengetahui kondisi aktual struktur dikarenakan hasil analisis yang aktual berbeda dengan saat baru dibangun. Kemudian untuk mengetahui skenario yang paling efektif dari segi waktu pembongkaran perlu dilakukan estimasi penjadwalan.

TEORI DAN METODOLOGI

Pembongkaran suatu anjungan lepas pantai dapat dilakukan dengan beberapa opsi seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Opsi *decommissioning*
(Sumber: Gibson, 1996)

Menurut pasal 3 IMO 1989, anjungan dengan bagian struktur selain *topside* yang berdiri dengan kedalaman dibawah 100 meter dan berat lebih kecil dari 4000 ton (tanpa *topside*) harus dibongkar seluruhnya. Dengan demikian, struktur yang akan dianalisis direncanakan untuk dibongkar seluruhnya mulai dari *topside* hingga jaket.

Analisis yang dilakukan pada Tugas Akhir ini mengacu pada suatu kriteria desain. Kriteria desain yang ditinjau baik pada analisis *in-place* maupun analisis *lifting* adalah *unity check* (UC) yang merupakan rasio dari tegangan aktual terhadap tegangan ijin. Perhitungan dapat dilihat pada persamaan 1.

$$UC = \frac{\text{Tegangan aktual}}{\text{Tegangan ijin}} \quad (1)$$

Setelah mengetahui kondisi struktur dari analisis *in-place*, dilakukan pemodelan *lifting* dengan bantuan perangkat lunak SACS dan mengacu pada *Nobel Denton Guidelines for Marine Lifting Operations 0027*, yaitu sudut *lifting* antara sling dan modul harus lebih besar dari 60°.

Berdasarkan standar API RP2A WSD subbab 2.4.2.c, bagi *padeye* dan member yang mentransmisikan gaya *lifting* memiliki *dynamic load factor* 2.0 untuk analisis statik. Sedangkan member yang tidak terkena langsung dengan *lifting point* memiliki *dynamic load factor* 1.35.

Berdasarkan Permen ESDM No 1 Tahun 2011 pasal 12 ayat 1, pemotongan konduktor dilakukan 5 meter di bawah garis lumpur (*mudline*) atau sejajar dengan dasar laut dalam hal jarak antara garis lumpur (*mudline*) dan dasar laut kurang dari 5 meter. Permen ini menyebutkan bahwa konduktor dan tiang pancang perlu dipotong menjadi segmen-segmen sepanjang maksimum 12 meter. Perhitungan beban yang terjadi pada kegiatan *lifting* konduktor ini dapat dihitung dengan persamaan 2 dan 3.

$$F_t = (m g) - \left(\frac{\pi}{4} (OD^2 - ID^2) h_{submerged} \right) \quad (2)$$

$$m_t = \frac{F_t}{g} \quad (3)$$

Keterangan:

m = massa (ton)

W = berat (kN)

$h_{submerged}$ = panjang konduktor yang tercelup air (ft)

OD = diameter luar (ft)

ID = diameter dalam (ft)

F_t = gaya total (kN)

m_t = massa total (kN)

Pada subbab 7.3.1 API RP2A-WSD, disebutkan bahwa penentuan kapasitas *crane* untuk suatu operasi perlu dikalikan dengan *safety factor* sebesar 2.0. Sehingga *crane* berkapasitas *lifting* 300 ton diperuntukkan mengangkat beban sebesar 150 ton. *Crane*

800 ton untuk beban 400 ton, dan *crane* 1600 ton untuk mengangkat beban 800 ton.

Proses pengangkatan bagian struktur perlu diawali dengan perhitungan berat struktur dengan persamaan 4 dan perhitungan sudut yang dibentuk *sling* seperti pada Gambar 2.

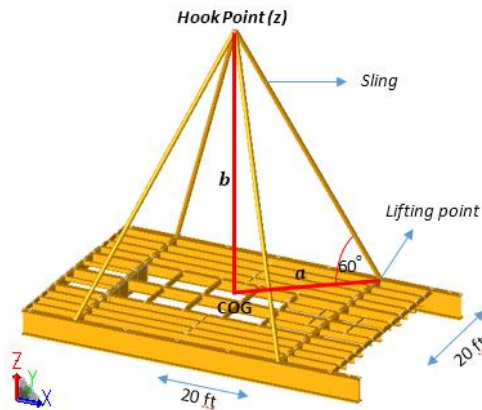
$$SHL = MDW + RW \quad (4)$$

Keterangan:

SHL = *static hook load* (ton)

MDW = *module design weight = dead load + equipment load* (ton)

RW = *rigging weight* (ton)



Gambar 2 perhitungan sudut *lifting*

Contoh perhitungan sudut *lifting* dilakukan sebagai berikut:

- Menghitung jarak dari dek ke *hook point*

$$\tan 60^\circ = \frac{b}{a}$$

$$b = (\tan 60^\circ)(20\sqrt{2} \text{ ft})$$

$$b = 48.99 \text{ ft}$$

- Menghitung elevasi *hook point*

$$\begin{aligned} \text{Hook Point (z)} &= \text{elevasi dek} + b \\ &= 54 + 48.99 \\ &= 102.99 \text{ ft} \end{aligned}$$

Setelah melakukan pemodelan *lifting* yang memenuhi kriteria desain, didapatkan pembagian modul yang dijadikan pedoman untuk prediksi metode konstruksi dan perhitungan durasi. Perhitungan durasi berbasis pada *work breakdown structure*, perhitungan volume pekerjaan dan didapatkan *bar chart*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model struktur jaket 4 kaki yang dibahas pada Tugas Akhir ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 model jaket 4 kaki

Struktur ini memiliki berat *substructure* <4000 ton dan berada pada kedalaman <100 meter, sehingga keseluruhan struktur harus dibongkar.

A. Analisis *In-Place*

Analisis *in-place* dilakukan dengan mengaplikasikan mati, hidup, lingkungan dan peralatan pada struktur. Hasil analisis ditunjukkan dalam parameter UC dan *joint punching shear* seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil analisis *in-place*

Kondisi/ Parameter	Operasional	Badai
Unity Check	B590-B591 (1.09)	B590-B591 (1.15)
Joint punching shear	C041 (1.121)	C041 (0.913)

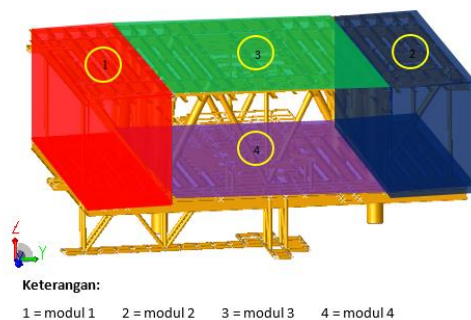
Member dengan UC terbesar (B590-B591) terletak di *temporary structure* pada bagian

dek, sedangkan join C041 terletak di *boat landing*. Nilai UC dan *joint punching shear* diatas 1 berarti tidak memenuhi kriteria desain. Namun tidak dilakukan *re-design* mengingat tujuan analisis ini hanya untuk mengetahui kondisi terbaru struktur.

B. Analisis Pengangkatan Dek

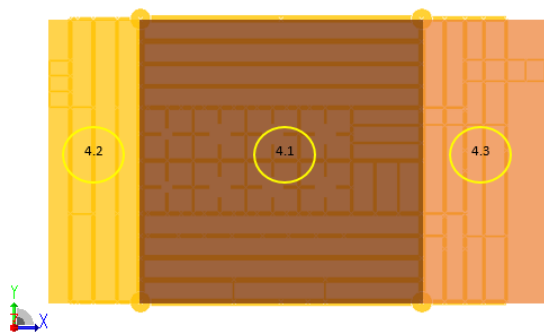
• Skenario 1

Pembagian modul dek untuk skenario 1 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 pembagian modul dek skenario 1

Setelah melalui proses pemodelan pengangkatan, modul 4 dibagi menjadi tiga bagian seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

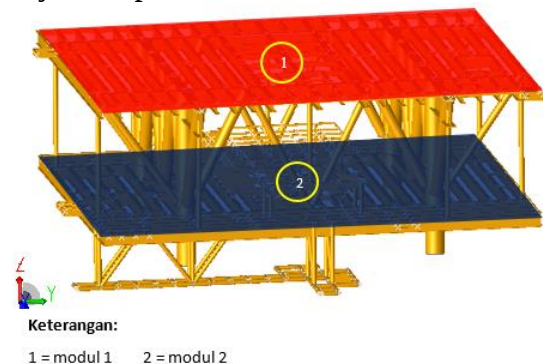


Gambar 5 pembagian modul 4 dek skenario 1

Hasil analisis pengangkatan dengan SACS menunjukkan member C256-C257 pada modul 4.2 dek memiliki UC terbesar dengan nilai 0.999. Dengan demikian, keseluruhan modul masih dalam kategori memenuhi kriteria desain, yaitu $UC < 1$.

• Skenario 2

Pembagian modul dek pada skenario 2 ditunjukkan pada Gambar 6.

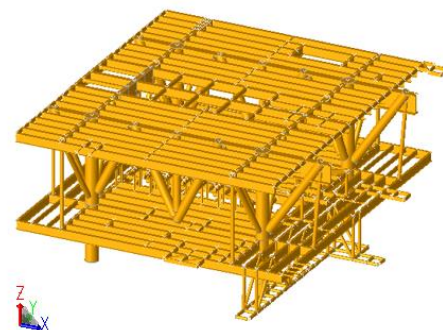


Gambar 6 pembagian modul dek skenario 2

Pengangkatan modul 2 yang dibagi menjadi 2 modul utama, yaitu komponen *main deck* dan *cellar deck* menggunakan bantuan spreadere bar pada prosesnya. Nilai UC terbesar dimiliki oleh member 981L-1098 dengan nominal 0.991.

• Skenario 3

Pada skenario 3 diangkat dek tanpa dipotong menjadi modul-modul kecil. Ilustrasi komponen yang diangkat dapat dilihat pada Gambar 7. Dan didapatkan nilai UC terbesar pada member 1093-C261 sebesar 0.91.



Gambar 7 modul dek skenario 3

C. Analisis Pengangkatan Konduktor

Properti konduktor yang akan diangkat dapat dilihat pada Tabel 2. Jumlah konduktor tipe CN1 ialah 6 buah dan CN2 sebanyak 2 buah.

Tabel 2 Properti konduktor pada struktur Jacket 4 kaki

Konduktor	OD (in)	Thickness (in)
CN1	36	0.5
CN2	20	0.5

Hasil perhitungan berat konduktor ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 perhitungan berat konduktor

Partisi	Panjang Konduktor (ft)	m_t (ton)	
		CN1	CN2
Keseluruhan	270.42	99.15	52.31
pemotongan 1	230.42	82.03	45.40
pemotongan 2	190.42	66.01	36.45
pemotongan 3	150.42	51.01	28.12
pemotongan 4	110.42	36.95	20.35
pemotongan 5	70.42	23.49	12.94
pemotongan 6	30.42	10.04	5.52

Nilai massa total (m_t) paling besar yang akan ditahan oleh *sling* saat pengangkatan dengan *crane* untuk konduktor tipe CN1 ialah 99.15 ton. Disamping itu, untuk konduktor tipe CN2 menyumbang massa terbesar 52.31 ton. Berdasarkan perhitungan ini, *crane* dengan kapasitas sesuai skenario 1, 2 dan 3 masih mampu dalam menahan beban yang terjadi pada saat *lifting*.

D. Analisis Pengangkatan Tiang Pancang

Hasil perhitungan berat konduktor ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 perhitungan berat tiang pancang

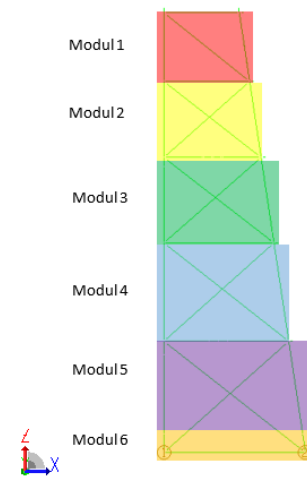
Partisi	Panjang (ft)	m (ton)
Keseluruhan	250.21	54.35
pemotongan 1	210.21	45.92
pemotongan 2	170.21	37.91
pemotongan 3	130.21	31.13
pemotongan 4	90.21	24.34
pemotongan 5	50.21	14.99

Berdasarkan hasil perhitungan, massa tiang pancang yang terbesar dimiliki ketika tiang pancang belum dipotong, yaitu 54.35 ton. Apabila dibandingkan dengan kapasitas *crane* baik yang digunakan pada skenario 1, 2 maupun 3, maka berat ini tergolong dapat diakomodir.

E. Analisis Pengangkatan Jacket

• Skenario 1

Pembagian modul jacket untuk skenario 1 ditunjukkan pada Gambar 8.

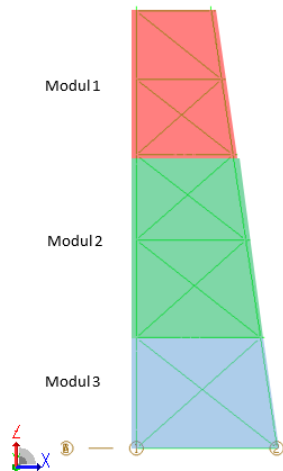


Gambar 8 pembagian modul jacket skenario 1

Hasil pemodelan menunjukkan member B976-299L memiliki nilai UC terbesar, yaitu 0.773. Dengan demikian, seluruh modul memenuhi kriteria desain.

• Skenario 2

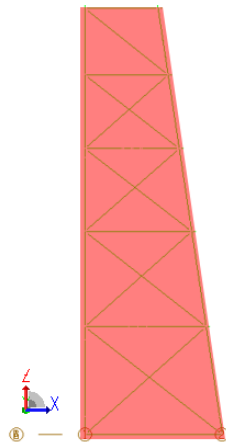
Pembagian modul jacket untuk skenario 2 ditunjukkan pada Gambar 9. Pemodelan *lifting* jacket skenario 2 menghasilkan keluaran member B521-B520 yang terletak di *mudmat* dengan UC 0.897. Dengan demikian, seluruh modul memenuhi kriteria desain.



Gambar 9 pembagian modul jaket skenario 2

- Skenario 3

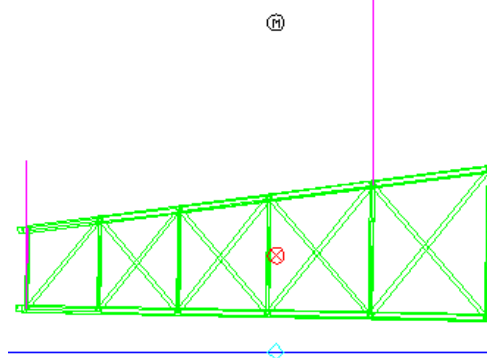
Pembagian modul jaket untuk skenario 3 ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 pembagian modul jaket skenario 3

Pemodelan skenario 3 dilakukan dengan mengangkat jaket dari posisi vertikal menjadi horizontal. Pengangkatan dengan satu *crane*

menggunakan bantuan *main hook* dan *auxiliary hook*. Ilustrasi jaket pada posisi horizontal dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 posisi jaket pada posisi horizontal

Sedangkan pemodelan pengangkatan pada posisi horizontal menghasilkan nilai UC terbesar 0.873 pada member B511-B505 yang terletak di *mudmat*. Peninjauan berat yang diemban *hook* dengan kapasitas angkat yang tertera di *crane chart* menunjukkan bahwa jaket dapat diangkat dengan aman.

F. Estimasi Penjadwalan

Hasil perhitungan durasi pembongkaran jaket 4 kaki untuk skenario 1 membutuhkan waktu 25 hari. Sedangkan skenario 2 membutuhkan waktu 21 hari dan skenario 3 membutuhkan waktu 17 hari. Pekerjaan ini dilakukan dengan jam kerja 24 jam/hari dengan 2 *shift*. *Bar chart* dari ketiga skenario tersebut dapat dilihat pada Gambar 12 sampai Gambar 14. Perhitungan penjadwalan dilakukan dengan mengacu pada *Cost Estimating for Offshore Oil and Gas Facility Decommissioning* karya Byrd, dkk.

PEKERJAAN		DURASI (hari)	JADWAL (Hari)																											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
A	Pengangkatan Dek	5																												
B	Pengangkatan Konduktor	9																												
C	Pengangkatan Tiang Pancang	5																												
D	Pengangkatan Jaket	6																												

Gambar 12 bar chart untuk skenario 1

PEKERJAAN		DURASI (hari)	JADWAL (Hari)																				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
A	Pengangkatan Dek	5																					
B	Pengangkatan Konduktor	9																					
C	Pengangkatan Tiang Pancang	5																					
D	Pengangkatan Jaket	3																					

Gambar 13 bar chart untuk skenario 2

PEKERJAAN		DURASI (hari)	JADWAL (Hari)														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	Pengangkatan Dek	3															
B	Pengangkatan Konduktor	9															
C	Pengangkatan Tiang Pancang	5															
D	Pengangkatan Jaket	1															

Gambar 14 bar chart untuk skenario 3

KESIMPULAN

1. Komponen konduktor dan tiang pancang untuk masing-masing skenario dinagi menjadi 6 modul. Komponen dek pada skenario 1 dibagi menjadi 4 modul, skenario 2 menjadi 2 modul dan skenario 3 tanpa potongan. Sedangkan komponen jaket pada skenario 1 dibagi menjadi 6 modul, skenario 2 menjadi 3 modul dan skenario 3 tanpa potongan. Analisis hasil pengangkatan struktur untuk skenario 1, 2 dan 3 ialah semua modul memenuhi kriteria desain $UC < 1.0$.
2. Perhitungan durasi pembongkaran jaket 4 kaki untuk skenario 1 membutuhkan waktu 25 hari. Sedangkan skenario 2 membutuhkan waktu 21 hari dan skenario 3 membutuhkan waktu 17 hari. Pekerjaan ini dilakukan dengan jam kerja 24 jam/hari dengan 2 shift. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembongkaran modul dengan skenario 3 paling efektif baik dari segi waktu.

DAFTAR PUSTAKA

American Petroleum Institut. 2007. *Recommended Practice for Planning, Designing, and Construction Fixed Platform Offshore API-RP 2A WSD 21st*

Edition. Washington D.C.: API Publishing Services.

Byrd, Dr. Robert C, PE, Miller, Donald J., Wiese Steven M. 2014. *Cost Estimating for Offshore Oil and Gas Facility Decommissioning*. International Technical Paper.

International Maritime Organization. 1989. *1989 Guidelines and Standards for the Removal of Offshore Installation and Structures on the Continent Shelf and in the Exclusive Economic Zone (IMO Resolution A.672 (16))*. The International Maritime Organization.

Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor: 01 Tahun 2011 tentang Pedoman Teknis Pembongkaran Instalasi Lepas Pantai Minyak dan Gas Bumi*. Indonesia: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Noble Denton Group Limited. 2010. *Guidelines for Marine Lifting Operations 0027/ ND*. Hamburg: Noble Denton Group Limited.