

ANALISIS IN-PLACE, SEISMIK, DAN FATIGUE PADA STRUKTUR PLATFORM 4 KAKI

Guntur Pinandhita

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

Institut Teknologi Bandung

gpinandhita@yahoo.com

Kata Kunci : *Anjungan Lepas Pantai, Offshore Platform, Analisis In-place, Analisis Seismik, Analisis Fatigue*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumber daya alam. Sumber daya alam Indonesia yang sangat esensial contohnya adalah minyak dan gas bumi (MIGAS).

Untuk mendapatkan gas dan minyak bumi tersebut diperlukan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi. Maka dibutuhkan infrastruktur yang memadai, seperti anjungan lepas pantai.

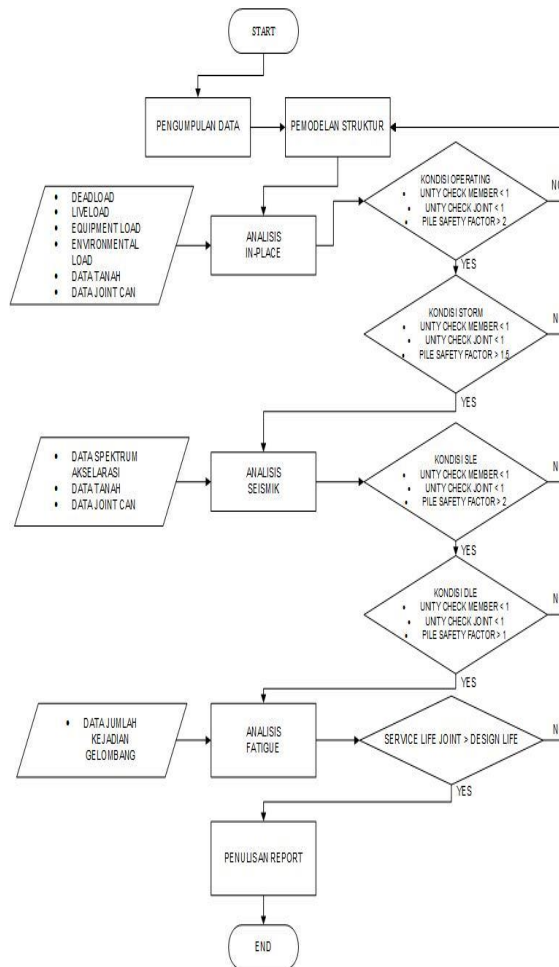
Anjungan lepas pantai atau *offshore platform* adalah sebuah bangunan lepas pantai yang digunakan untuk pengambilan, pengolahan, dan

penyimpanan MIGAS. Dalam perancangannya, perlu dilakukan beberapa analisis untuk memastikan infrastruktur dapat menerima beban yang bekerja sehingga tidak terjadi kegagalan struktur.

Tujuan dari studi ini adalah untuk memastikan perancangan struktur yang dilakukan dinyatakan aman terhadap analisis in-place, seismik, dan fatigue, sesuai kriteria API RP2A WSD.

TEORI DAN METODOLOGI

Berikut flowchart dari metodologi pengerjaan studi ini pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi

Anjungan lepas pantai, yang dirancang sesuai kriteria API RP2A WSD, harus dapat menopang beban-beban yang bekerja. Beban yang bekerja pada setiap analisis yang dilakukan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Beban yang Digunakan pada Setiap Analisis

No.	ANALISIS	BEBAN
1	Analisis In-place	Deadload
		Liveloading
		Beban Peralatan
		Beban Lingkungan
2	Analisis Seismik	Beban Gempa
3	Analisis Fatigue	Beban Siklik Gelombang

Analisis In-place

Analisis *in-place* merupakan analisis statik struktur anjungan lepas pantai. Analisis *in-place* ditinjau dua kondisi, yaitu:

a. Kondisi Operating

Kondisi *operating* menggunakan data lingkungan periode ulang 1 tahunan.

b. Kondisi Storm

Kondisi *storm* menggunakan data lingkungan periode ulang 100 tahunan.

Output analisis *in-place* adalah sebagai berikut:

- *Unity Check (UC) member*.
- *Unity Check (UC) Joint*
- *Safety Factor (SF) Pile*.

Unity check merupakan suatu nilai perbandingan antara tegangan yang terjadi pada *member* dengan tegangan izin *member* tersebut.

Sedangkan *safety factor pile* adalah nilai perbandingan antara kapasitas kekuatan tanah dengan beban maksimum yang diterima tanah

Kriteria struktur dinyatakan aman terhadap analisis in-place dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3** berikut.

Tabel 2. Kriteria Analisis In-place Operating

No.	Kriteria Kondisi Operating
1	UC member < 1
2	UC joint < 1
3	Pile Safety Factor > 2

Tabel 3. Kriteria Analisis In-place Storm

No.	Kriteria Kondisi Storm
1	UC member < 1
2	UC joint < 1
3	Pile Safety Factor > 1.5

Analisis Seismik

Analisis seismik merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap gerakan tanah. Terdapat dua jenis analisis seismik.

1. *SLE (Strength Level Earthquake)*. Analisis seismik *SLE* memastikan struktur tahan terhadap gempa tanpa mengalami kerusakan struktur.
2. *DLE (Ductility Level Earthquake)*. Analisis seismik *DLE* memastikan struktur masih memiliki kapasitas sisa yang cukup menerima gempa bumi yang jarang supaya tidak terjadi *failure*, walaupun struktur mengalami kerusakan.

Output analisis seismik adalah sebagai berikut.

1. *Unity Check Member*
2. *Unity Check Joint*
3. *Pile Safety Factor*

Kriteria struktur dinyatakan aman terhadap analisis seismik dapat dilihat pada **Tabel 4** dan **Tabel 5** berikut.

Tabel 4. Kriteria Analisis Seismik SLE

No.	Kriteria Kondisi SLE
1	UC member < 1
2	UC joint < 1
3	Pile Safety Factor > 2

Tabel 5. Kriteria Analisis Seismik DLE

No.	Kriteria Kondisi DLE
1	UC member < 1
2	UC joint < 1
3	Pile Safety Factor > 1

Analisis Fatigue

Analisis *fatigue* adalah analisis struktur terhadap beban siklik berupa gelombang untuk mengetahui umur layan struktur.

Analisis *fatigue* terbagi menjadi 2 metode, yaitu :

1. Metode Deterministik
Metode ini menggunakan data tinggi, periode, dan jumlah kejadian gelombang yang terjadi untuk menentukan rentang tegangan struktur. Rentang tegangan struktur tersebut nantinya digunakan untuk

menentukan tingkat kerusakan *fatigue*.

2. Metode Spektral Gelombang
Metode ini menggunakan pendekatan statistik yang mengetahui kekuatan struktur terhadap beban *fatigue*. Metode ini terdiri dari spektrum gelombang yang akan berpengaruh pada respons struktur

Dalam analisis *fatigue* deterministik diperlukan beberapa informasi sebagai *input*, yaitu model struktur, kurva S-N yang digunakan, umur layan desain, batas *SCF* (*Stress Concentration Factor*), dan *wave scatter diagram*. Hingga akhirnya *output* yang dihasilkan adalah umur layan setiap *joint*.

Kriteria struktur dinyatakan aman terhadap analisis *fatigue* dapat dilihat pada **Tabel 6** berikut.

Tabel 6. Kriteria Analisis Fatigue

No.	Kriteria Analisis Fatigue
1	Service Life Joint > Design Life

HASIL DAN ANALISIS

Hasil Analisis In-place

Berikut **Tabel 7** dan **Tabel 8** merupakan *UC member* hasil analisis *in-place* kondisi *storm*.

Tabel 7. Nilai UC Member Topside Analisis In-place Kondisi Storm

No	Description	Group	UC
1	TOPSIDE/DECK		
A	Main Deck (+) 67'-6"	MD1	0.78
		MD2	0.56
		MD3	0.96
		OFF	0.33
		STM	0.74
B	Cellar Deck (+) 44'-6"	CD1	0.55
		CD2	0.53
		CD3	0.31
		OFF	0.33
		STC	0.74
C	Sub Cellar Deck (+) 32'-0"	SC1	0.78
		SC2	0.97
		SC3	0.76
		SC4	0.15
		SC5	0.21
D	Deck Leg & Bracing		
	Deck Leg	DL8	0.34
		DL9	0.3
		DLA	0.16
	Vertical Brace	SB1	0.37
		SB2	0.64
		SB3	0.45
		SB4	0.78
	Pedestal	CRA	0.07

Tabel 8. Nilai UC Member Jacket Analisis In-place Kondisi Storm

No	Description	Group	UC
2	JACKET & PILE		
A	Jacket Leg	LG2	0.20
		LG3	0.25
		LG4	0.42
		LG5	0.45
		LG6	0.53
		LGS	0.51
B	Pile	PL1	0.75
		PL2	0.81
		PL3	0.62
		PL4	0.56
		PL5	0.55
		PL6	0.50
		PL7	0.34
D	Diagonal X Brace	X2	0.46
		X3	0.44
		X4	0.43
		X5	0.39
E	Jacket Bracing	T01	0.34
		T02	0.27
		T03	0.45
		T04	0.54
		T05	0.71
		T06	0.36
		T07	0.31
		T08	0.58
		T09	0.88
		T10	0.52
		T11	0.47
F	Conductor Guide	CDG	0.1
G	Conductor	CON	0.46
H	Boatlanding	BL0	0.29
		BL1	0.21
		BL2	0.09
		BL3	0.09
		BL4	0.25
		BL5	0.23
		BL6	0.19
		BL7	0.29

Berikut **Tabel 9 UC joint** hasil analisis *in-place* kondisi storm.

Tabel 9. Nilai UC Joint Analisis In-place Kondisi Storm

JOINT PUNCHING SHEAR STORM								
Elevasi	LEG 1		LEG 2		LEG 3		LEG 4	
	Joint	UC	Joint	UC	Joint	UC	Joint	UC
+15	501L	0.574	502L	0.612	503L	0.587	504L	0.677
-23	401L	0.452	402L	0.442	403L	0.596	404L	0.510
-65	301L	0.431	302L	0.450	303L	0.490	304L	0.466
-116	201L	0.641	202L	0.490	203L	0.624	204L	0.509
-175	101L	0.517	102L	0.429	103L	0.553	104L	0.466

Berikut **Tabel 10 Pile Safety Factor** hasil analisis *in-place* kondisi storm.

Tabel 10. Nilai Pile SF Analisis In-place Kondisi Storm

PILE SAFETY FACTOR STORM				
PILE JOINT	GRUP ID	CAPACITY (kips)	ACTUAL (kips)	SAFETY FACTOR
002P	P11	9937.5	1983.4	5.01
001P	P21	9888.2	2090.3	4.73
004P	P31	9937.5	2547.9	3.90
003P	P41	9892.7	2472.3	4.00

Hasil Analisis Seismik

Berikut **Tabel 11** dan **Tabel 12** hasil analisis seismik kondisi *DLE*.

**Tabel 11. Nilai UC Member Topside
Analisis Seismik Kondisi DLE**

No	Description	Group	UC
1	TOPSIDE/DECK		
A	Main Deck (+) 67'-6"	MD1	0.49
		MD2	0.33
		MD3	0.63
		OFF	0.21
		STM	0.42
B	Cellar Deck (+) 44'-6"	CD1	0.36
		CD2	0.34
		CD3	0.20
		OFF	0.21
		STC	0.51
C	Sub Cellar Deck (+) 32'-0"	SC1	0.49
		SC2	0.63
		SC3	0.51
		SC4	0.13
		SC5	0.14
D	Deck Leg & Bracing		
	Deck Leg	DL8	0.25
		DL9	0.21
		DLA	0.11
	Vertical Brace	SB1	0.24
		SB2	0.4
		SB3	0.29
		SB4	0.54
	Pedestal	CRA	0.06

**Tabel 12. Nilai UC Member Jacket
Analisis Seismik Kondisi DLE**

2	JACKET & PILE		
A	Jacket Leg	LG2	0.10
		LG3	0.13
		LG4	0.21
		LG5	0.25
		LG6	0.30
		LGS	0.28
B	Pile	PL1	0.16
		PL2	0.44
		PL3	0.33
		PL4	0.31
		PL5	0.31
		PL6	0.29
		PL7	0.25
D	Diagonal X Brace	X2	0.20
		X3	0.21
		X4	0.20
		X5	0.21
E	Jacket Bracing	T01	0.18
		T02	0.14
		T03	0.21
		T04	0.35
		T05	0.41
		T06	0.25
		T07	0.18
		T08	0.32
		T09	0.48
		T10	0.40
		T11	0.42
F	Conductor Guide	CDG	0.05
G	Conductor	CON	0.19
H	Boatlanding	BL0	0.16
		BL1	0.11
		BL2	0.05
		BL3	0.05
		BL4	0.13
		BL5	0.12
		BL6	0.12
		BL7	0.17

Berikut **Tabel 13** *UC joint* hasil analisis seismic kondisi *DLE*.

Tabel 13. Nilai UC Joint Analisis Seismik Kondisi DLE

Elevasi (ft)	LEG 1		LEG 2		LEG 3		LEG 4	
	Joint	UC	Joint	UC	Joint	UC	Joint	UC
+67.5	901L	0.018	902L	0.025	903L	0.021	904L	0.021
+15	501L	0.366	502L	0.316	503L	0.359	504L	0.352
-23	401L	0.263	402L	0.225	403L	0.324	404L	0.289
-65	301L	0.274	302L	0.276	303L	0.303	304L	0.303
-116	201L	0.315	202L	0.302	203L	0.315	204L	0.282
-175	101L	0.513	102L	0.385	103L	0.491	104L	0.374

Berikut **Tabel 14** *Pile Safety Factor* hasil analisis seismic kondisi *DLE*.

Tabel 14. Nilai Pile SF Analisis Seismik Kondisi DLE

MEMBER	CAPACITY (KIPS)	AXIAL LOAD	SF
101P-201P	9903.12	2217.4	4.466
102P-202P	9955.31	1763.3	5.646
103P-203P	9955.31	2329	4.274
104P-204P	9903.12	1929.6	5.132

Hasil Analisis Fatigue

Berikut **Tabel 15** hasil analisis *fatigue* 10 *service life joint* terkecil pada struktur.

Tabel 15. 10 Service Life Joint Terkecil

GROUP ID	JOINT	SERVICE LIFE
X4	404L	97.82
X4	0780	96.10
X3	0781	58.60
X3	304L	57.63
X2	0782	54.19
X2	204L	52.33
X3	0785	102.30
X3	302L	99.79
X2	0786	100.52
X2	202L	91.70

KESIMPULAN

1. Setelah dilakukan *member redesign* struktur dinyatakan aman terhadap analisis *in-place*, karena sudah memenuhi kriteria API RP 2A. Hasil analisis *in-place* menunjukkan bahwa *UC member* maksimum pada struktur ini adalah 0.97, *Pile Safety Factor* minimum pada struktur ini adalah 3.90, dan *UC joint punching shear* maksimum pada struktur ini adalah 0.677.
2. Struktur juga dinyatakan aman terhadap analisis seismic. Hasil analisis seismic menunjukkan bahwa *UC member* maksimum pada struktur ini adalah 0.63, *Pile Safety Factor* minimum pada struktur ini adalah 4.274, dan *UC joint punching shear* maksimum pada struktur ini adalah 0.513.
3. Struktur juga dinyatakan aman terhadap analisis

fatigue. Hasil analisis *fatigue* menunjukkan bahwa *service life joint* minimum pada struktur ini adalah 52.33 tahun.

SARAN

1. Penulis menyarankan untuk memodelkan struktur lebih detail untuk mendapatkan kondisi struktur yang lebih *real*.
2. Sebelum melakukan *redesign* ada baiknya untuk mengecek ketersediaan jenis baja yang ada di pabrik agar *redesign* yang dilakukan benar bisa dilakukan.
3. Analisis struktur yang dilakukan penulis termasuk analisis yang sedikit. Untuk mengetahui kondisi struktur lebih lengkap dapat dilakukan beberapa analisis struktur lainnya. Seperti analisis *lifting*, analisis *floating*, analisis *upending*, dan analisis-analisis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

2003. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*, SNI 03-1726-2003. Bandung.
2007. *Recommended Practice for Planning, Designing and Construction Fixed Offshore Platforms API RP 2A-WSD 21st Edition*. Washington D.C. : API Publishing Services.
- Chakrabarti, Subrata K. 2005. *Handbook Of Offshore Engineering*. Inggris : Elsevier.
- Hutama, Albert. 2014. *Desain Struktur Central Production Platform di Kepodang Field, Laut Jawa*, Tugas Akhir Program Sarjana. Bandung : Program Studi Teknik Kelautan ITB.
- Meinandi, Dwiki. 2015. *Desain dan Analisis Lifting Struktur Jacket 8 Kaki*, Tugas Akhir Program Sarjana. Bandung : Teknik Kelautan ITB.
- Purnawarman, Faisal Dwiyan. 2013. *Analisis Upending Pada Struktur Jacket Platform 3 Kaki*, Tugas Akhir Program Sarjana. Bandung : Program Studi Teknik Kelautan ITB.
- Pramatma, Nadhira Vidya. 2014. *Analisis Upending Pada Well Head Platform Madura Field*, Tugas Akhir Program Sarjana. Bandung : Program Studi Teknik Kelautan ITB.
- Tawekal, Ricky Lukman. 2010. *Diktat Kuliah KL-4121 Bangunan Lepas Pantai I*. Bandung : Penerbit ITB.