

ANALISIS *INPLACE*, *SEISMIC*, DAN *FATIGUE DETERMINISTIC* UNTUK PERPANJANGAN MASA LAYAN *FIXED* PLATFORM TIGA KAKI, DI LADANG MINYAK ARDJUNA, LAUT JAWA

RIDO NURSYAHID MUTTAQIN

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KELAUTAN, FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG TAHUN 2016

nursyahid.muttaqin@gmail.com

Kata kunci: *offshore fixed platform, in-place, seismic, fatigue deterministic*

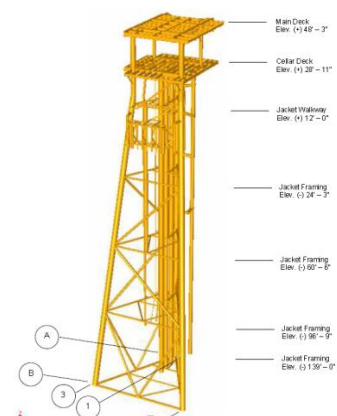
PENDAHULUAN

Anjungan lepas pantai (*Offshore Platform*) adalah sebuah bangunan lepas pantai yang digunakan untuk pengambilan, pengolahan, dan penyimpanan minyak dan gas. Dalam perancangannya perlu dilakukan beberapa analisis yang bertujuan untuk memastikan infrastruktur tersebut dapat menerima beban dengan baik dan tidak terjadi kegagalan struktur di tengah kegiatan instalasi, operasional, dan saat terjadi gempa.

Biasanya anjungan lepas pantai memiliki usia layanan sekitar 20 hingga 35 tahun, karena itu di masa sekarang ini banyak anjungan lepas pantai yang usia layannya akan habis atau sudah habis. Setelah melalui survey ternyata banyak anjungan lepas pantai yang usia layannya hampir habis namun ternyata masi memiliki *reservoir* yang produktif untuk beberapa tahun kedepan, kemudian munculah ide untuk memperpanjang masa layan anjungan lepas pantai tersebut. Analisis *in-place*, *seismic* dan *fatigue deterministic* menjadi hal yang sangat diperlukan untuk menganalisis ketahanan dan masa layan struktur anjungan lepas pantai.

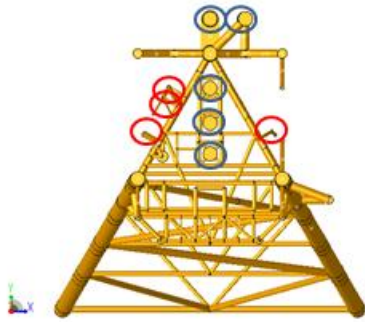
Platform dalam tugas akhir ini merupaka wellhead platform yang dipasang pada 1979 pada awalnya

didesain dan dibangun oleh PT Brown and Root Indonesia. Struktur dari Platform ini dilengkapi dengan dua deck pada elevasi yang berbeda; *Main Deck* pada (+) 48'-3" di atas permukaan air laut (*Mean Sea Level/MSL*) dan *Cellar Deck* pada (+) 28'-11" di atas permukaan air laut. Struktur ini terdiri dari bagian topside yang ditopang oleh jacket dengan tiga buah kaki pada kedalaman perairan 133 ft. Satu kaki jacket merupakan *vertical leg* dan dua lainnya merupakan *battered leg* dengan kemiringan 1:6. Setiap kaki (*leg*) memiliki diameter sebesar 34". *Working Point* struktur ini terletak pada (+)17'-0". Di dalam masing-masing *leg* terdapat *un-grouted pile* dengan diameter 30 inci. Penetrasi yang dimiliki *vertical pile* sampai dengan kedalaman 210 ft di bawah mudline, sedangkan *battered pile* sampai dengan kedalaman 134 ft di bawah mudline.



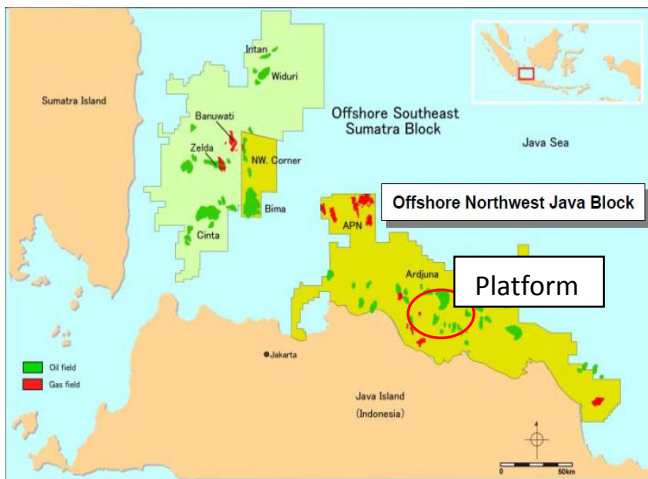
Gambar 1: Struktur Platform Tiga Kaki

Platform memiliki lima batang *conductor* yang dilingkari biru dan empat batang *riser* yang dilingkari merah.



Gambar 2: Struktur Pendukung Platform Tiga Kaki

Platform berlokasi di Laut Jawa pada koordinat 05°54'54.10" Lintang Selatan dan 107°50'31.00" Bujur Timur.



Gambar 3: Lokasi Struktur Platform Tiga Kaki

Pada awalnya *Service Life Design* dari Platform yang diinstal pada tahun 1979 ini adalah 32 tahun hingga 2011. Platform ini diharapkan memiliki *Service Life* 20 tahun kedepan hingga tahun 2030, karena itu *Service Life Design* untuk setiap *joint* diharapkan tidak kurang dari 51 tahun hal tersebut dapat kita kaji menggunakan analisis *fatigue deterministic*. Untuk mendukung hal tersebut platform mesti diuji dengan beban lingkungan dan beban *vertical* menggunakan analisis *in-place* dalam kondisi *1 year operating* dan *100 year storm*. Selain itu platform diuji dengan beban

gempa menggunakan analisis *seismic* dalam kondisi *100 year SLE (Strenght Level Earthquake)*. dan *800 year DLE (Ductility Level Earthquake)*.

TEORI DAN METODOLOGI

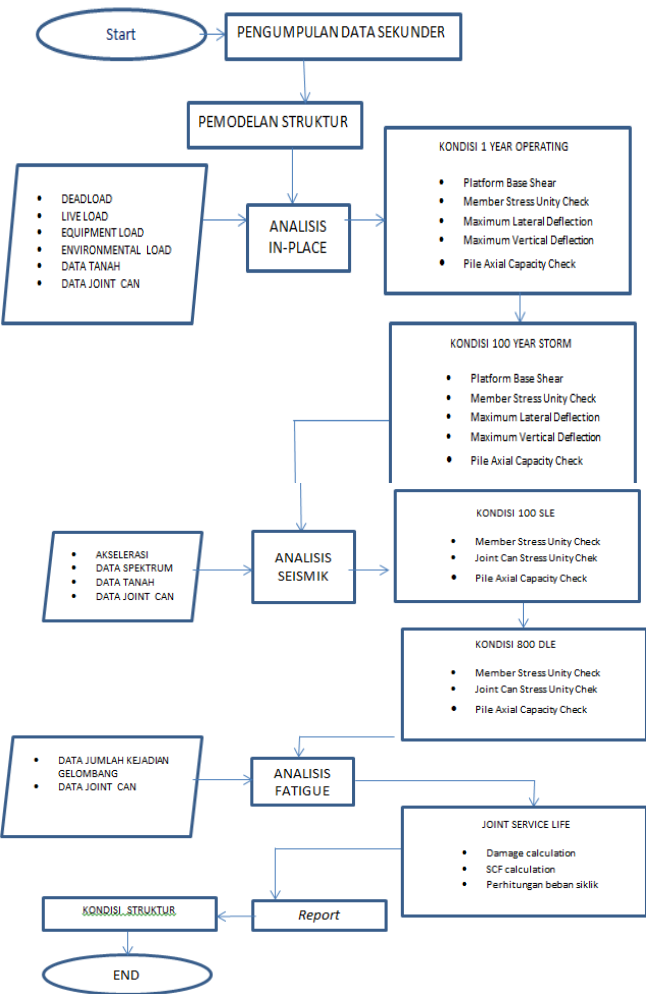
Metodologi yang digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah:

1. Pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk pemodelan seperti gambar konstruksi *as built*, data pembebanan, dan data lingkungan.

Data-data yang dikumpulkan dengan rincian sebagai berikut:

- Data struktur dan lingkungan dari Dokumen Proyek WO-462 PT. Tripatra EPC
 - Gambar struktur *as built* dari PT. Gunanusa Utama Fabricators
 - *Soil data* dari PT. Soilmaklelan
2. Melakukan pemodelan dengan *software* SACS 5.6 dengan mendefinisikan elevasi-elevasi penting pada struktur sesuai dengan gambar *as built*, memodelkan *member-member* pada struktur *jacket*, *cellar deck* dan *main deck* sesuai dengan gambar *as built*, kemudian memasukan data-data pembebanan dan *lingkungan* yang bekerja pada struktur.
 3. Melakukan analisis *in-place*, *seismic*, dan *fatigue* pada struktur yang telah dimodelkan. Kemudian memberikan hasil analisis *in-place*, *seismic*, dan *fatigue*, kemudian memberikan laporan kondisi apakah memenuhi kriteria pada analisis *in-place*, *seismic*, dan *fatigue*.

Langkah pengerjaan dalam penyusunan tugas akhir ini digambarkan dalam *flowchart* seperti berikut ini.



Gambar 4: Flowchart Proses Desain

*API RP 2A WSD (3.1.1) , **API RP 2A WSD (6.13.4) & ***API RP 2A WSD (C4.3.2)

Kode dan standard desain yang digunakan dalam pemodelan ini adalah :

- API RP 2A- WSD American Petroleum Institute, “Reccommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design”, API RP 2A – WSD, 21st Edition, December 2007.
- AISC ASD American Institute of Steel Construction (AISC), “Manual of

Steel Construction, Allowable Stress Design”, 9th Edition.

AWS D1.1.90 American Welding Society (AWS-D1.1.2002), “Structural Welding Codes – Steel”.

Property member yang digunakan adalah berdasarkan standar American AISC 9th ,ASTM A36, dan API 5L Grade B.

Adapun data-data untuk analisis *Inplace*, *Seismic*, dan *Fatigue*.

Tabel 1: Tabel Kedalaman Perairan

Deskripsi	Periode Ulang	
	1-year	100-years
Mean Sea Level (MSL)	133 ft.	133 ft.
Storm Tide (surge)	0.3 ft.	0.5 ft.
Highest Astronomical Tide (HAT)	3.8 ft.	3.8 ft.
Max. Water Depth	135.2 ft.	135.4 ft.
Min. Water Depth	130.8 ft.	130.6 ft.

Tabel 2: Tabel Kecepatan Angin

Deskripsi	Periode Ulang 1 tahun	Periode Ulang 100 tahun
Angin 1 jam	38.0 Mph	63.Mph

Tabel 3: Tabel Profil Gelombang

Deskripsi	Periode Ulang 1 tahun	Periode Ulang 100 tahun
Tinggi Gelombang Maksimum	16.4 ft.	27.3 ft.
Periode Gelombang Maksimum	7 sec.	9.3 sec.

Tabel 4: Tabel Profil Arus

Percent of Depth (%)	Current Speed (ft./sec.)	
	1-year Operating	100-years storm
0	2.6	3.6
10	2.4	3.3
20	2.3	3.1
30	2.1	2.8
40	2	2.6
50	1.8	2.4
60	1.7	2.2
70	1.5	2
80	1.4	1.8
90	1.2	1.5
100	0.8	0.9

Untuk data lubang bor tanah yang digunakan dalam analisa didapatkan dari “Soil and Foundation Investigation Report at Boring ‘BH’

in the Ardjuna Field, ONWJ by PT.Soilmaklelan/ Geotechnical Consultants, December 1990”

Dalam analisis *seismic* diperlukan data karakteristik gempa seperti PGA (*Peak Ground Acceleration*) yaitu percepatan bantuan dasar yang timbul akibat gempa dan data dari spectrum percepatan gempa. Data gempa didapat dari dokumen “Seismic Risk and Site Response Study, Ardjuna Field, Java Sea, Indonesia”, by Dames and Moore, June 1992.

Tabel 5. Peak Ground Acceleration Kondisi SLE dan DLE

	Kondisi 100 year SLE	Kondisi 800 year DLE
PGA	0.16	0.24

Tabel 6. Spektrum Percepatan Kondisi SLE

Strength Level Earthquake				
No.	T(s)	S_A/G	$S_A(in/s^2)$	$S_v(in/s)$
1	0.04	1	38.637	0.246
2	0.05	1	38.637	0.308
3	0.125	2.5	96.592	1.923
4	0.5	2.5	96.592	7.690
5	1	1.8	69.546	11.074
6	5	0.36	13.909	11.074

Tabel 7 . Spektrum Percepatan Kondisi DLE

Ductility Level Earthquake				
No.	T(s)	S_A/G	$S_A(in/s^2)$	$S_v(in/s)$
1	0.04	1	56.083	0.357
2	0.05	1	56.083	0.447
3	0.125	2.5	140.207	2.791
4	0.5	2.5	140.207	11.163
5	1	1.8	100.949	16.075
6	5	0.36	20.190	16.075

Kerusakan *fatigue* terjadi akibat akumulasi beban siklik yang bekerja pada struktur. Pada perhitungan analisis *fatigue deterministic* harus memperhitungkan jumlah kejadian gelombang dalam *range* tinggi gelombang tertentu, kemudian menghitung beban gelombang yang ditimbulkan dalam setiap *range* tersebut. Distribusi gelombang

dari delapan arah, pada kasus ini digunakan data dari dokumen “100 and 1-year Storm Wind, Tide, Wave and Current Characteristics, and Wave – Current Forces, and 10-year Directional Wave Height Distribution and Associated Wave Periods: Approximately 50 54’ 55” S, 1070 43’ 52” E, 130 Foot Chart Depth: Offshore Northwest Java, Java Sea, Indonesia”, yang dibuat oleh A.H. Glenn & Associates, May 16, 1989.

Tabel 8: Distribusi gelombang dalam 10 tahun untuk analisis fatigue

Wave Height (ft.)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
2	6,714,600	8,996,200	19,296,200	8,083,600	1,825,300	1,564,600	9,713,300	8,996,200
6	229,880	308,050	660,750	276,740	63,640	54,490	332,600	308,050
10	7,752	10,390	22,270	9,336	1,060	910	11,212	10,390
14	260	348	754	314	0	0	375	348
18	8	11	25	10	0	0	13	11
22	0	1	1	0	0	0	0	1
TOTAL	6,952,500	9,315,000	19,960,000	8,370,000	1,890,000	1,620,000	10,057,500	9,315,000

Tabel 9: Periode pada tinggi gelombang tertentu 10 tahun untuk analisis fatigue

Tinggi Gelombang (ft)	Periode Gelombang (s)
0 - 3.9	4.6
4 – 7.9	6.4
8 -11.9	6.8
12 - 15.9	7.2
16 - 19.9	7.5
20 – 23.9	7.8

kriteria desain untuk analisis *Inplace*, *Seismic*, dan *Fatigue* selebihnya ada di dalam code API RP2A dan AISC ASD.

HASIL DAN ANALISIS

Setelah dilakukan analisis *in-place* didapatkan

hasil kondisi member seperti berikut.

Tabel 10: Maximum member stress unity cek 1-year operating

Lokasi	Maximum Member Stress Unity Check			
	1-year operating			
	Member (Group)	UC	Load Comb	Arah
Main deck beam	4073-4123 (MD2)	0.551	103	60°
Cellar deck beam	2466-2515(CD1)	1.105*	104	90°
	2458-2515(CD1)	1.097*	105	120°
	2101-2202(CD1)	1.048*	105	120°
Deck leg	2523-3523 (DL3)	0.538	108	210°
Deck brace	1820-1923 (DB2)	0.633	108	210°
Jacket leg	682- 505 (L5A)	0.771	104	90°
Horizontal framing	301- 315 (P3A)	1.029	103	60°
	375-305 (P3A)	1.024	103	60°
Diagonal bracing	305- 403 (D3A)	0.645	105	120°
Pile Above Mudline	705- 892 (PL7)	0.652	104	90°
Pile Below Mudline	204 (PB)	0.451	101	0°

Tabel 11: Maximum member stress unity cek 100-year storm

Lokasi	Maximum Member Stress Unity Check			
	100-year storm			
	Member (Group)	UC	Load Comb	Arah
Main deck beam	4076-4126(MD8)	0.177	201	0°
Cellar deck beam	2101-2202 (CD1)	0.824	204	90°
Deck leg	805- 905 (DL4)	0.239	204	90°
Deck brace	905-1804 (DB2)	0.137	206	150°
Jacket leg	682- 505 (L5A)	0.800	204	90°
Horizontal framing	301-315 (P3A)	1.129	203	60°
	315-1301 (P3A)	1.124	203	60°
Diagonal bracing	401- 503 (D4A)	0.137	206	150°
Pile Above Mudline	204- 304 (PL2)	0.527	212	330°
Pile Below Mudline	206 PV	0.627	204	90°

Member dengan UC > 1 artinya tegangan yang terjadi pada member lebih besar dari tegangan ijinnya. Hal ini jelas tidak diharapkan karena mendekati tegangan lelehnya. Untuk mengatasinya dapat di perkuat dengan *vertical bracing* atau mengurangi panjang

effektifnya dengan cara membuat member baru *cross sectional* dengan member yang bermasalah

Tabel 12: Maximum joint punching shear unity cek (1 year operating)

Lokasi	Maximum Joint Punching Shear Unity Check (1 year-operating)			
	Minimum Water Depth		Maximum Water Depth	
	Joint No.	UC	Joint No.	UC
Elev. (+) 12' - 0"	601	0.470	601	0.482
Elev. (-) 24' - 3"	505	0.419	505	0.418
Elev. (-) 60' - 6"	403	0.350	403	0.350
Elev. (-) 96' - 9"	305	0.299	305	0.299
Elev. (-) 139' - 0"	210	0.417	210	210

Tabel 13: Maximum joint punching shear unity cek (100 year Storm)

Lokasi	Maximum Joint Punching Shear Stress Unity Check (100 year-storm)			
	Minimum Water Depth		Maximum Water Depth	
	Joint No.	UC	Joint No.	UC
Elev. (+) 12' - 0"	601	0.448	601	0.444
Elev. (-) 24' - 3"	505	0.514	505	0.502
Elev. (-) 60' - 6"	403	0.457	403	0.446
Elev. (-) 96' - 9"	305	0.399	305	0.392
Elev. (-) 139' - 0"	210	0.962	210	0.921

Tidak ada Joint dengan UC > 1 artinya tegangan yang terjadi pada member lebih kecil dari tegangan ijinnya. Hal ini memenuhi syarat API RP 2A.

Tabel 14: Pile Axial Capacity Cek

Pile Axial Capacity Check							
Kondisi	Pile Joint	Pile Group	Pile Penetration (ft)	Pile self weight (kips)	Pile Axial Capacity (kips)	Pile Axial Load (kips)	Safety Factor
1-year operating (maximum water depth)	202	PB	126.0	39.8	1209.0	607.7	1.99
	204	PB	126.0	39.8	1209.0	656.5	1.84
	206	PV	204.0	64.0	2622.3	726.1	3.44
100-year operating (maximum water depth)	202	PB	126.0	39.8	1209.0	913.8	1.62
	204	PB	126.0	39.8	1209.0	925.3	1.71
	206	PV	204.0	64.0	2622.3	820.0	3.20

Nilai factor of safety pada masing-masing kondisi memenuhi persyaratan minimum API RP2A,

yaitu 2.0 untuk Stillwater case dan operating condition serta 1.5 untuk storm condition. Nilai factor of safety minimum untuk 1-year operating condition adalah 1.84 pada *pile joint* 204, dan untuk 100-years storm condition adalah 1.62 pada *pile joint* 202.

Setelah dilakukan analisis *seismic* didapatkan hasil kondisi member seperti berikut.

Tabel 15: Maximum member stress unity chek kondisi SLE

Lokasi	Maximum Member Stress Unity Check			
	100-year SLE			
	Member (Group)	Member Properties	UC	Load Condition
Main deck beam	4501-4504(MD5)	W21X44	0.42	1
Cellar deck beam	2122-2123(CD1)	W24X62	0.53	1
Deck leg	2523-3523 (DL3)	OD=20; WT=0.5	0.42	2
Deck brace	3123-4213 (DB1)	OD=8.625; WT=0.406	0.34	2
Jacket leg	682- 505 (L5A)	OD=34; WT=1	0.54	1
Horizontal framing	601- 613 (P6F)	OD=10.75; WT=0.5	0.68	2
Diagonal bracing	305- 403 (D3A)	OD=16; WT=0.375	0.57	2
Pile Above Mudline	705- 892 (PL7)	OD=30; WT= 1	0.46	2
Pile Below Mudline	204 (PB)	OD=30; WT= 1.5	0.75	1

Tabel 16: Maximum member stress unity chek kondisi DLE

Lokasi	Maximum Member Stress Unity Check			
	800-year DLE			
	Member (Group)	Member Properties	UC	Load Condition
Main deck beam	4501-4504(MD5)	W21X44	0.62	1
Cellar deck beam	2122-2123(CD1)	W24X62	0.69	1
Deck leg	2523-3523 (DL3)	OD=20; WT=0.5	0.49	2
Deck brace	3123-4213 (DB1)	OD=8.625; WT=0.406	0.40	2
Jacket leg	682- 505 (L5A)	OD=34; WT=1	0.60	1
Horizontal framing	601- 613 (P6F)	OD=10.75; WT=0.5	0.74	2
Diagonal bracing	305- 403 (D3A)	OD=16; WT=0.375	0.61	2
Pile Above Mudline	705- 892 (PL7)	OD=30; WT= 1	0.50	2
Pile Below Mudline	204 (PB)	OD=30; WT= 1.5	0.83	1

Dapat kita lihat pada **Tabel 15** dan **Tabel 16** Seluruh member pada kondisi SLE dan DLE memiliki $UC < 1$ artinya tegangan yang terjadi pada member lebih kecil dari tegangan izinnnya. Hal ini memenuhi syarat API RP 2A. Jadi struktur dapat dinyatakan tahan terhadap beban gempa.

Tabel 17: Maximum joint punching shear kondisi SLE

Lokasi	Maximum Joint Punching Shear Unity Check (100 year- SLE)	
	Joint No.	UC
Elev. (+) 12' - 0"	605	0.389
Elev. (-) 24' - 3"	505	0.321
Elev. (-) 60' - 6"	403	0.362
Elev. (-) 96' - 9"	305	0.313
Elev. (-) 139' - 0"	210	0.163

Tabel 18: Maximum joint punching shear kondisi DLE

Lokasi	Maximum Joint Punching Shear Unity Check (800 year- DLE)	
	Joint No.	UC
Elev. (+) 12' - 0"	605	0.470
Elev. (-) 24' - 3"	505	0.426
Elev. (-) 60' - 6"	403	0.458
Elev. (-) 96' - 9"	305	0.395
Elev. (-) 139' - 0"	210	0.214

Dapat kita lihat pada **Tabel 17** dan **Tabel 18** Seluruh *joint can* pada kondisi SLE dan DLE memiliki $UC < 1$ artinya tegangan yang terjadi pada *joint can* lebih kecil dari tegangan izinnnya. Hal ini memenuhi syarat API RP 2A. Jadi struktur dapat dinyatakan tahan terhadap beban gempa.

Tabel 19: Minimum Pile Safety Factor kondisi SLE

Condition	Pile Group	Pile Penetration (ft)	Pile Selfweight (kips)	Pile Axial Load (kips)	Pile Axial Capacity (kips)	Pile Axial Safety Factor
Ductility Level Earthquake	PB	132	39.8	160.96	1298	6.47
	PB	132	39.8	199.09	1298	5.43
	PV	210	64	472.22	2646	4.93

Tabel 20: Minimum Pile Safety Factor kondisi DLE

Condition	Pile Group	Pile Penetration (ft)	Pile Selfweight (kips)	Pile Axial Load (kips)	Pile Axial Capacity (kips)	Pile Axial Safety Factor
Ductility Level Earthquake	PB	132	39.8	160.96	1734	4.58
	PB	132	39.8	199.09	1734	3.14
	PV	210	64	472.22	2827	4.42

Menurut API RP 2A WSD (6.13.4), *pile safety factor* untuk SLE harus >1.5 dan untuk DLE >1 . Analisis *pile* dilakukan satu persatu untuk masing-masing *pile*.

Dapat kita lihat pada **Tabel 19** dan **Tabel 20** Seluruh *pile* pada kondisi SLE dan DLE memiliki *safety factor* >1.5 artinya tegangan yang terjadi pada member lebih kecil dari tegangan izinnnya. Hal ini memenuhi syarat API RP 2A. Jadi struktur dapat dinyatakan tahan terhadap beban gempa.

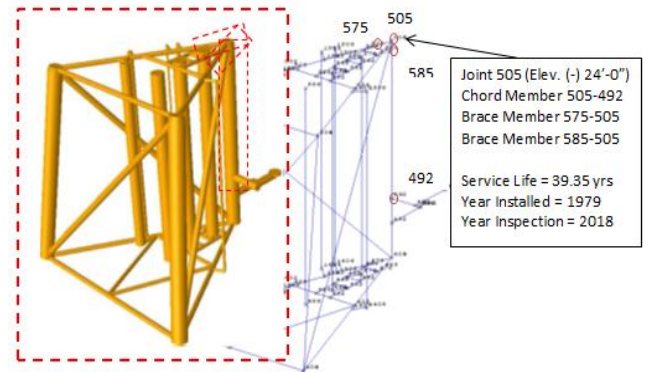
Setelah dilakukan analisis *in-place* didapatkan hasil kondisi member seperti berikut.

Tabel 21: Ringkasan hasil analisis *fatigue*

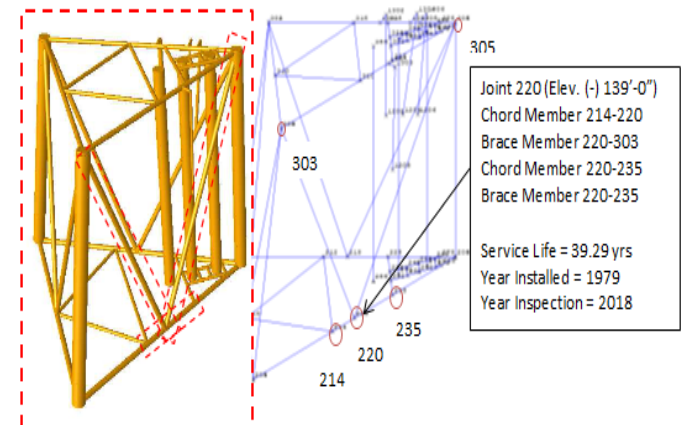
JOINT	LOCATION	MEMBER	GROUP ID	JOINT TYPE	MEMBER TYPE	SIZE (in)		Result		
						OD	WT	Damage	Fatigue life	Inspection schedule
505	EL (-) 24.0'	575-505	P5D	T	BRC	10.75	0.365	1.101	46.31	2025
		505-492	L4D	T	CHD	34	1	0.554	91.98	2070
	EL (-) 24.0'	585-505	P5D	TK	BRC	10.75	0.365	1.296	39.35	2018
		505-492	L4D	TK	CHD	34	1	0.650	78.45	2057
220	EL (-) 139'	220-303	D2A	K	BRC	12.75	0.375	0.1020	499.90	2478
		214-220	P2A	K	CHD	12.75	0.375	1.225	41.63	2020
	EL (-) 139'	220-305	D2A	K	BRC	12.75	0.375	0.112	454.27	2433
		220-235	P2A	K	CHD	12.75	0.375	1.298	39.29	2018
205	EL (-) 139'	285-205	P2A	T	BRC	12.75	0.375	1.9858	42.55	2021
		305-205	L2A	T	CHD	34	1	0.4917	103.72	2082
516	EL (-) 24.0'	514-516	SSI	T	BRC	8.62	0.322	0.84075	60.66	2039
		416-516	CSN	T	CHD	24	0.5	1.2980	39.29	2018

Semua joint memiliki *fatigue life time* lebih dari *Service Life Design* yang diharapkan yaitu 51 tahun dengan nilai *safety factor* 2.0, kecuali empat joint yang memiliki *fatigue life time* kurang dari 51 tahun, joint tersebut adalah joint 505, 220, 205, dan 516. Semua joint tersebut mesti diberikan perhatian khusus seperti *ROV structure inspection* dan rekayasa penguatan struktur.

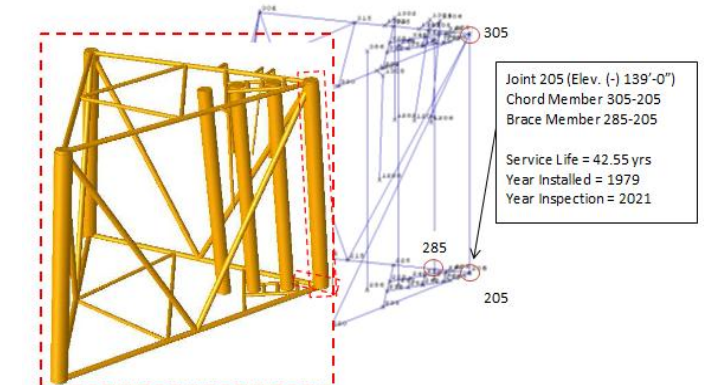
Joint-joint tersebut digambarkan sebagai berikut



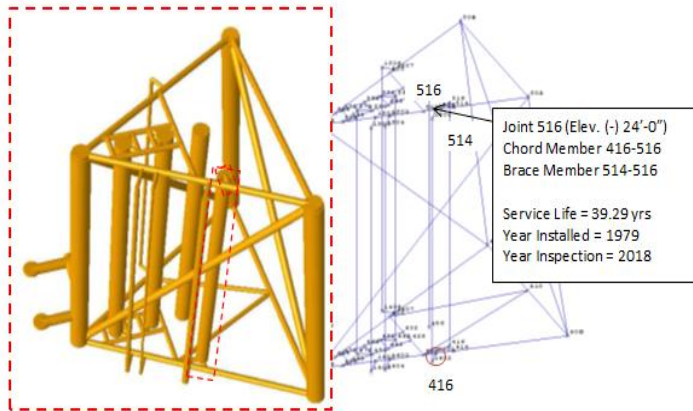
Gambar 5: Joint 505 memiliki *fatigue life time* kurang dari 51 tahun



Gambar 6: Joint 220 memiliki *fatigue life time* kurang dari 51 tahun



Gambar 7: Joint 205 memiliki *fatigue life time* kurang dari 51 tahun



Gambar 8: Joint 516 memiliki *fatigue life time* kurang dari 51

KESIMPULAN

Dari berbagai analisis yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Setelah dilakukan analisis *in-place* diketahui bahwa struktur memiliki pile safety factor yang seluruhnya lebih besar dari 1.5 hal ini memenuhi kriteria API RP2A WSD (6.13.4) keterangan yang lebih jelas ada pada tabel **Tabel 14**. Untuk hasil *joint can* Tidak ada *joint* dengan $UC > 1$ artinya tegangan yang terjadi pada member lebih kecil dari tegangan izinnnya. Hal ini memenuhi syarat API RP 2A. keterangan yang lebih jelas ada pada tabel **Tabel 12** dan **Tabel 13** Kemudian untuk *stress member chek* ada beberapa member di beberapa lokasi dengan $UC > 1$ yang dapat dilihat pada **Tabel 10** dan **Tabel. 11**, Pada lokasi Cellar Deck terdapat member dengan UC maksimum sebesar 1.105 pada kondisi *1 year operating*, dan kemudian pada lokasi Horizontal Framing terdapat member dengan UC maksimum 1.029 pada kondisi *1 year operating* serta UC maksimum sebesar 1.129 pada kondisi *100 year storm*. Beberapa member tersebut tidak memenuhi kriteria API RP2A WSD (3.1.1), maka perlu diperkuat dengan menambah *bracing* penyangga atau menambahkan *crosssectional member* untuk mengurangi panjang efektifnya.
2. Setelah dilakukan analisis *seismic* diketahui bahwa pada kondisi *100 year SLE* nilai UC maksimum pada member sebesar 0.75, kemudian *joint punching shear* sebesar 0.389 dengan *safety*

factor terkecil sebesar 4.93 sedangkan untuk kondisi *800 year DLE* nilai UC maksimum pada member sebesar 0.83, kemudian *joint punching shear* sebesar 0.470 dengan *safety factor* 3.14. Untuk hasil analisis *seismic* yang lebih jelas dapat dilihat pada **Tabel 15** hingga **Tabel 20** Dengan hasil *analysis seismic* seperti demikian maka struktur memenuhi syarat API RP2A WSD (6.13.4)

3. Setelah dilakukan analisis *fatigue* diketahui bahwa terdapat 4 joint yang memiliki *service life* yang lebih kecil dari *service life design* (51 tahun sejak tahun 1979) yang diharapkan, *joint* tersebut adalah *joint* 505, 220, 205, dan 516. Untuk hasil analisis *fatigue* yang lebih jelas dapat dilihat pada **Tabel 21** dan **Gambar 5** hingga **Gambar 8**. Dengan hasil *analysis fatigue* seperti demikian, maka beberapa *joint* tidak memenuhi syarat *service life design* untuk dapat bertahan 20 tahun kedepan dari tahun 2010. Walaupun demikian struktur diperkirakan masih dapat bertahan hingga tahun 2018. Hal ini perlu didukung dengan *ROV structure inspection* yang perlu dilakukan pada tahun 2018 agar inisiasi *fracture* pada *joint* yang dikawatirkan dapat terdeteksi lebih dini. Dengan diketahuinya *service life* struktur, maka perencanaan *pipeline* dan *riser* yang terhubung dengan platform tiga kaki yang dalam tugas akhir ini, dapat dibahas secara matang.

SARAN

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis memberikan beberapa saran antara lain,

1. Penulis menyarankan untuk memodelkan struktur lebih detail untuk mendapatkan kondisi struktur yang lebih *real*
2. Analisis struktur yang dilakukan penulis hanya mencakup analisis kondisi platform *existing* atau pasca instalasi. Sebenarnya masih ada banyak lagi analisis struktur lainnya yang amat membantu pada tahap fabrikasi, dan instalasi, seperti analisis *lifting*, analisis *loadout*, analisis *onbottom stability*, analisis *transport*, analisis *upending* dan analisis-*analisis* lainnya
3. Sebaiknya sebelum tahun 2018 dilakukan analisis pembongkaran platform kemudian kegiatan operasional dihentikan, pipa yang terhubung dengan platform ini harus direncanakan untuk dialihkan jalurnya.

DAFTAR PUSTAKA

2003. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*, SNI 03-1726-2003

2007. *Recommended Practice for planning, Designing and Construction Fixed Offshore Platforms API RP 2A-WSD 21st Edition*. Washington D.C : API Publishing Service

2012. *WO-426 Engineering for 'BH' Platform PHE ONWJ Service Life Extension*, Document Number: Bravo-S-CAL-0001, PT. Tripatra EPC

Parpatih, Peto A 2012. “*Introduction Of Seismic Analysis Fixed Offshore Platform – Response Spectrum*”. Slide Presentasi. Jakarta: PT. Tripatra EPC.

Anggraeni, Noviyanti 2011. “*Fatigue Analysis For Fixed Offshore Platform*”. Slide Presentasi. Jakarta: PT. Tripatra EPC

Tawekal, Ricky Lukman. 2010. *Diktat Kuliah KL4121 Bangunan Lepas Pantai 1*. Bandung: Penerbit ITB

Chakrabati, Subatra K. *Handbook Of Offshore Engineering*. Inggris: Elsevier.

Purnawarman, Faisal Dwiyana. 2013. *Analisis Upending Pada Struktur Jacket Platform 3 Kaki*, Tugas Akhir Program Sarjana. Bandung: Program Studi Teknik Kelautan ITB.

Jaya, Adi Teguh. 2012. *Analisis Fatigue Spektral Pada Struktur Lepas Pantai Tipe Tetap*, Tugas Akhir Program Sarjana. Bandung: Program Studi Teknik Kelautan ITB.

A.H. Glenn & Associates. 1989. “*100 and 1-year Storm Wind, Tide, Wave and Current Characteristics, and Wave – Current Forces, and 10-year Directional Wave Height Distribution and Associated Wave Periods: Approximately 50 54' 55" S, 1070 43' 52" E, 130 Foot Chart Depth: Offshore Northwest Java, Java Sea, Indonesia*”, New Orleans : Orleans Lake Front.

Dames and Moore. June. 1992. “*Seismic Risk and Site Response Study, Ardjuna Field, Java Sea, Indonesia*”,