

ANALISIS STRUKTUR LEPAS PANTAI TIPE JACKET 4 KAKI

Roby Febrya Hamendra¹ dan Rildova²

Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut teknologi
Bandung

rhamendra@gmail.com

ABSTRAK

Analisis struktur lepas pantai digunakan untuk mengetahui kekuatan dari struktur tersebut. Laporan Tugas Akhir ini membahas mengenai tiga tahapan analisis, yaitu analisis *inplace* digunakan untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap beban-beban lingkungan, yaitu beban gelombang, beban arus, dan beban angin. Dalam melakukan analisis *inplace* akan ditinjau dua kondisi yaitu kondisi operasi dan kondisi badai (storm). Analisis *seismic* digunakan untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap pergerakan tanah atau gempa di tempat struktur tersebut didirikan. Analisis *fatigue* digunakan untuk mengetahui usia layan dari struktur terhadap beban berulang (siklik). Tugas Akhir ini dilakukan dengan membuat model struktur lepas pantai dengan menggunakan *software* SACS 5.3 (*Structure Analysis Computer System*). SACS 5.3 merupakan salah satu *software* yang digunakan untuk melakukan pemodelan struktur lepas pantai. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa untuk analisis *inplace* sudah memenuhi standar dari API RP2A WSD yaitu *unity check member* dibatasi 1.0 untuk kondisi operasi dan 1.333 untuk kondisi *storm*, *unity check joint punching shear* dibatasi 1.0 untuk kondisi operasi dan 1.333 untuk kondisi *storm*, dan *pile safety factor* lebih besar dari dua (2) untuk kondisi operating, lebih besar satu koma lima (1.5) untuk kondisi *storm*. Hasil perhitungan untuk analisis *seismic* sudah memenuhi standar dari API RP2A WSD yaitu *unity check member* kecil dari satu ($UC < 1$), *unity check joint punching shear* kurang dari 1 ($UC < 1$), dan *pile safety factor* harus lebih besar dari satu. Hasil perhitungan analisis *fatigue* bahwa tidak terdapat *joint* atau sambungan *tubular* yang mempunyai usia layan kurang dari *desain life* yaitu 25 tahun. Berdasarkan hasil dari analisis *inplace*, analisis *seismic*, dan analisis *fatigue* dapat disimpulkan bahwa struktur tersebut telah berhasil secara desain.

Kata Kunci : *inplace, seismic, fatigue*

¹ Mahasiswa Tugas Akhir

² Dosen Pembimbing Tugas Akhir

PENDAHULUAN

Struktur lepas pantai adalah struktur yang dibangun di lepas pantai atau daerah yang permukaan dasarnya berada di bawah pasang surut terendah untuk mendukung proses eksplorasi atau eksplotasi sumber daya alam yang berada di laut. Salah satu jenis struktur lepas pantai adalah *fixed platform*.

Untuk mewujudkan struktur lepas pantai tersebut tahap pertama yang harus dilakukan adalah melakukan pemodelan. Salah satu *software* yang digunakan untuk pemodelan adalah SACS 5.3 (*Structure Analysis Computer System*). Setelah melakukan pemodelan struktur lepas pantai maka tahap selanjutnya melakukan analisis. Analisis yang dilakukan yaitu analisis *inplace*, analisis *seismic*, dan analisis *fatigue*. Analisis *inplace* digunakan untuk mengetahui kekutan struktur terhadap beban-beban lingkungan. Analisis *seismic* digunakan untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap pergerakan tanah atau gempa di tempat struktur tersebut didirikan. Analisis *fatigue* digunakan untuk mengetahui usia layan dari struktur terhadap beban berulang (siklik).

TEORI DAN METODOLOGI

Analisis *inplace* merupakan analisis statik struktur lepas pantai untuk melihat atau mengecek kestabilan dan kekuatan dari struktur lepas pantai dengan menggunakan beban-beban mati, beban hidup, dan beban lingkungan. Beban lingkungan yang bekerja

pada struktur adalah beban akibat arus, beban akibat gelombang, dan beban akibat angin. Pada analisis *inplace* ditinjau dua kondisi, yaitu :

- a. Kondisi *operating*
Suatu kondisi dimana aktifitas yang dilakukan berlangsung secara normal
- b. Kondisi badai atau *storm*
Suatu kondisi dimana lokasi tempat berdirinya struktur lepas pantai tersebut terjadi badai, artinya seluruh kegiatan pada saat terjadi badai berhenti bekerja termasuk orang dan alat-alat yang digunakan.

Untuk melakukan analisis *inplace* dapat menggunakan bantuan komputer yaitu dengan menggunakan *software* SACS (*Structure Analysis Computer System*). Dalam analisis ini akan didapatkan output, yaitu :

1. *Pile Safety Factor* (SF)
Menurut API RP2A WSD pada kondisi *operating* nilai *pile safety factor* harus lebih besar dari dua sedangkan untuk kondisi *storm* nilai *pile safety factor* harus lebih besar dari satu koma lima.

$$SF = \frac{\text{kapasitas pile}}{\text{beban yang bekerja pada pile}}$$

2. *Unity Check* (UC)
Menurut API RP2A WSD, rasio tegangan dibatasi 1.0 untuk kondisi

¹ Mahasiswa Tugas Akhir

² Dosen Pembimbing Tugas Akhir

operasi, dan dibatasi 1.333 untuk kondisi storm.

$$UC = \frac{\text{Tegangan aktual}}{\text{Tegangan izin}}$$

3. *Joint punching shear*

Menurut API RP2A WSD rasio tegangan dibatasi 1.0 untuk kondisi operasi, dan dibatasi 1.333 untuk kondisi storm.

Analisis seismik adalah analisis yang digunakan untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap gerakan tanah atau tahan dari gempa. Analisis seismik ini dilakukan untuk dua kondisi, yaitu :

a. Analisis SLE (*Strenght Level Earthquake*)

Analisis ini dilakukan untuk memastikan struktur memiliki kekuatan atau tahan terhadap beban gempa dan memiliki kekakuan untuk menghindari terjadinya kerusakan struktur.

b. Analisis DLE (*Ductility Level Earthquake*)

Analisis ini dilakukan untuk memastikan struktur masih memiliki kapasitas kekuatan yang cukup besar supaya tidak terjadi gagal (*failure*) ketika gempa dengan frekuensi yang besar yang jarang terjadi mengenai struktur, walaupun

akibat gempa tersebut struktur mengalami sedikit kerusakan.

Output dari analisis seismik adalah :

1. *Pile Safety Factor*(SF)

Adalah perbandingan kapasitas *pile* dengan beban maksimum yang bekerja pada *pile*.

$$SF = \frac{\text{kapasitas pile}}{\text{beban yang bekerja pada pile}} > 1$$

2. *Unity Check* (UC)

Menurut API RP2A WSD, rasio tegangan yang terjadi harus lebih kecil dari satu (UC<1).

$$UC = \frac{\text{Tegangan aktual}}{\text{Tegangan izin}}$$

3. *Unity Check* (UC) pada *Joint Punching Shear*.

Menurut API RP2A WSD rasio tegangan harus lebih kecil dari satu.

Analisis fatigue adalah analisis yang dilakukan pada sambungan tubular struktur untuk mengetahui kekuatan sambungan tubular terhadap beban yang berulang-ulang (siklik). Terdapat beberapa faktor untuk melakukan analisis fatigue. Berikut merupakan penjelasan dari faktor-faktor tersebut.

Stress Concentration Factor

Merupakan perbandingan antara tegangan pada daerah hot spot dibagi dengan tegangan

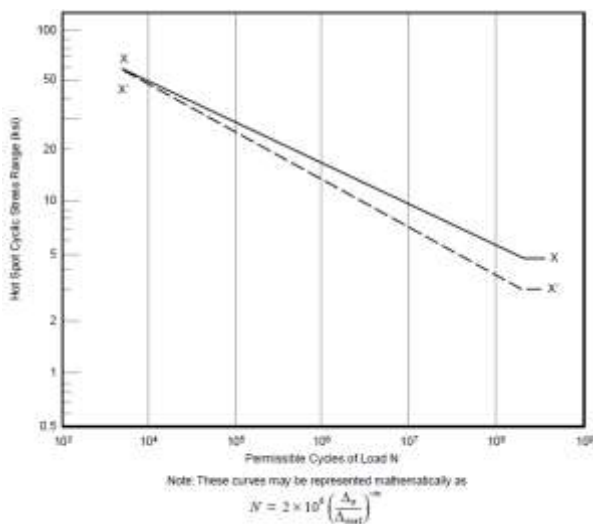
¹ Mahasiswa Tugas Akhir

² Dosen Pembimbing Tugas Akhir

nominal. Persamaan *Stress Concentration Factor* dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu : *finite element analysis*, pengujian model, dan persamaan empiris. Persamaan yang sering digunakan adalah persamaan empiris yaitu persamaan Eftymiou. Persamaan ini memiliki tingkat keakuratan yang tinggi dibandingkan dengan persamaan yang lain.

Kurva S-N

Kurva S-N adalah karakteristik *fatigue* yang umum digunakan dari suatu bahan yang mengalami tegangan berulang dengan besar yang sama dimana N adalah jumlah siklus tegangan dari S yang akan mengakibatkan kegagalan. Kurva S-N dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Kurva S-N

Aturan Palmgren-Miner

adalah nilai perbandingan dari jumlah siklus pada suatu kisaran tegangan yang terjadi dalam 1 tahun terhadap jumlah siklus pada suatu

kisaran tegangan yang diperlukan untuk menyebabkan terjadinya kegagalan. Berikut persamaan yang digunakan.

$$D = \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_i}$$

Keterangan :

n_i = jumlah siklus yang terjadi dalam satu tahun untuk kisaran tegangan S_i

N_i = jumlah siklus pada kisaran tegangan S_i hingga terjadi kegagalan

m = jumlah kisaran tegangan yang diperhitungkan

$$SVC = \frac{t}{D}$$

Keterangan :

SVC = *service life member* (tahun)

t = kejadian gelombang yang digunakan (tahun)

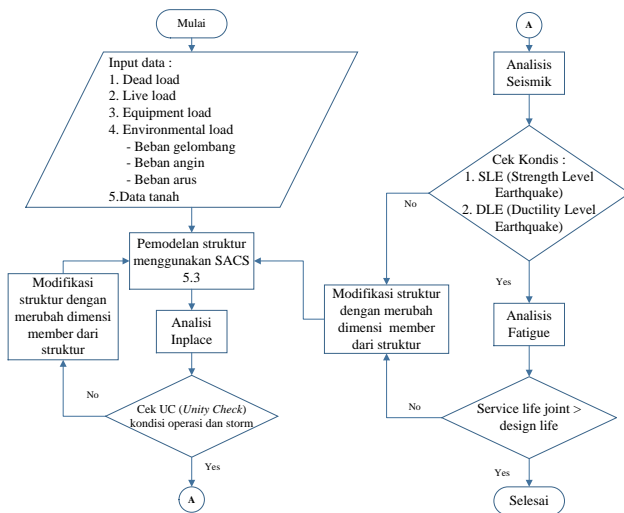
D = nilai *damage*

Jika penjumlahan kerusakan mencapai 1 maka umur struktur dianggap sudah selesai. Jadi umur *fatigue* dari struktur besarnya satu per kerusakan per tahun.

Analisis struktur lepas pantai dapat dilakukan dengan metodologi seperti gambar 2.

¹ Mahasiswa Tugas Akhir

² Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Gambar 2 Flowchart analisis struktur lepas pantai



Gambar 3 Model struktur

HASIL DAN ANALISIS

Model struktur lepas pantai tipe jakcet 4 kaki yang akan di bahas Tugas Akhir ini ditunjukkan pada gambar 3. Struktur ini merupakan jenis *production platform* yang berada pada kedalaman 108 meter dari MSL (*Mean Sea Level*). Struktur ini memiliki 2 lantai, yaitu : *main deck* dan *cellar deck*. Struktur ini juga di lengkapi dengan *boat landing* yang terletak disisi sebelah selatan struktur.

A. Analisis Inplace

Analisis *inplace* ini dilakukan dengan mengaplikasikan beban lingkungan (beban gelombang, arus, dan angin), beban mati (*dead load*), dan beban peralatan yang ada pada main deck dan cellar deck. Dalam melakukan analisis inplace di tinjau dua kondisi, yaitu : kondisi operasi dan kondisi badai (*storm*). Hasil analisis inplace, yaitu : *unity check member*, *unity check joint punching shear*, dan *pile safety factor*.

A.1 Unity Check (UC) Member

Berdasarkan standar API RP2A WSD bahwa nilai *Unity Check* (UC) pada member harus kurang dari satu. Berdasarkan hasil perhitungan terlihat *unity check* member pada semua kondisi telah memenuhi API RP2A WSD. Hal ini berarti semua member yang terdapat pada struktur memiliki kekuatan yang

¹ Mahasiswa Tugas Akhir

² Dosen Pembimbing Tugas Akhir

cukup untuk menahan beban-beban yang mengenai struktur. Berikut rangkuman UC untuk semua kondisi akan di tunjukkan pada tabel 1 sampai dengan tabel 2.

Tabel 1 Rangkuman UC operasi maksimum

Posisi	Group ID	Member	Load Cond.	UC awal	UC akhir
Main Deck	MB2	0049-0348	101	1.63	0.38
Brace	HR1	201L-203L	104	1.16	0.85
Leg	PL3	203P-303P	104	1.61	0.97
Brace	XD	104L-0817	104	1.13	0.98
Cellar Deck	L2	0115-0685	104	0.84	0.36
Cellar Deck	B2	0452-0113	108	0.73	0.86

Tabel 2 Rangkuman UC operasi minimum

Posisi	Group ID	Member	Load Cond.	UC Awal	UC Akhir
Main Deck	MB2	0049-0348	101	1.60	0.38
Leg	PL3	203P-303P	104	1.58	0.97
Brace	HR	201L-203L	104	1.11	0.81
Cellar Deck	L2	0115-0685	104	0.83	0.35
Main Deck	MB1	0119-0025	103	0.77	0.92
Cellar Deck	B2	0452-0113	106	0.74	0.86

Tabel 3 Rangkuman UC *storm* maksimum

Posisi	Group ID	Member	Load Cond.	UC awal	UC akhir
Brace	XD	104L-0817	104	1.50	0.96
Brace	HR	201L-203L	104	1.38	0.81
Leg	PL3	203P-303P	104	0.92	0.88
Mudmat	MD1	0297-0791	104	0.75	0.62
Pile	PL4	304P-404P	104	0.64	0.60
Cellar Deck	L2	0254-0115	104	0.62	0.61

Tabel 4 Rangkuman UC *storm* minimum

Posisi	Group ID	Member	Load Cond.	UC Awal	UC Akhir
Brace	XD	104L-0817	104	1.49	0.29
Brace	HR	201L-203L	104	1.31	0.98
Leg	PL3	203P-303P	104	0.90	0.81
Mudmat	MD1	0297-0791	104	0.70	0.62
Pile	PL4	304P-404P	104	0.62	0.59
Cellar Deck	L2	0254-0115	104	0.59	0.23

A.2 Unity Check Punching Shear

Menurut API RP2 WSD nilainya harus lebih kecil dari satu ($UC < 1$) untuk menunjukkan bahwa sambungan tersebut memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan semua gaya yang mengenainya. Rangkuman nilai UC joint punching shear ditunjukkan pada tabel 5 sampai tabel 8 dibawah.

Tabel 5 Rangkuman UC *joint punching* operasi maksimum

Joint	UC Awal	UC Akhir
103L	1.278	0.724
101L	1.286	0.723
203L	0.754	0.467
201L	0.741	0.456
102L	0.716	0.427
104L	0.746	0.427

¹ Mahasiswa Tugas Akhir

² Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Tabel 6 Rangkuman UC *joint punching* operasi minimum

Joint	UC Awal	UC Akhir
103L	1.279	0.722
101L	1.287	0.720
203L	0.754	0.464
201L	0.741	0.451
104L	0.747	0.421
102L	0.740	0.420

Tabel 7 Rangkuman UC *joint punching storm* maksimum

Joint	UC Awal	UC Akhir
101L	1.538	0.802
103L	1.502	0.784
203L	0.913	0.522
201L	0.894	0.488
104L	0.890	0.473
102L	0.968	0.456

Tabel 8 Rangkuman UC *joint punching storm* minimum

Joint	UC Awal	UC Akhir
101L	1.542	0.794
103L	1.507	0.780
203L	0.913	0.519
201L	0.894	0.479
104L	0.855	0.471
102L	0.926	0.471

A.3 Pile Safety Factor

Menurut API RP2A WSD pada kondisi *operating* nilai *pile safety factor* harus lebih besar dari dua sedangkan untuk kondisi *storm* nilai *pile safety factor* harus lebih besar dari

satu koma lima. Berdasarkan hasil perhitungan bahwa tanah tempat struktur tersebut berdiri sudah mampu menahan struktur tersebut dan beban-beban yang mengenai struktur tersebut. Hasil perhitungan *pile safety factor* ditunjukkan pada tabel 9 sampai tabel 12.

Tabel 9 Hasil perhitungan *pile safety factor* operasi maksimum

Pile Joint	Group	Penetrasi (ft)	Kapasitas (kips)	Max. Load (kips)	Load Cond.	SF	UC
001P	CAS	160	-3584.3	-1257.8	108	2.84	0.81
002P	CAS2	160	-3584.3	-1336.3	107	2.68	0.71
003P	CAS3	160	-3584.3	-1234.4	101	2.90	0.86
004P	CAS4	160	-3584.3	-1316.2	104	2.72	0.74

Tabel 10 Hasil perhitungan *pile safety factor* operasi minimum

Pile Joint	Group	Penetrasi (ft)	Kapasitas (kips)	Max. Load (kips)	Load Cond.	SF	UC
001P	CAS	160	-3584.3	-1257.8	108	2.84	0.81
002P	CAS2	160	-3584.3	-1336.3	107	2.68	0.71
003P	CAS3	160	-3584.3	-1234.4	101	2.90	0.86
004P	CAS4	160	-3584.3	-1305.2	104	2.74	0.75

¹ Mahasiswa Tugas Akhir

² Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Tabel 11 Hasil perhitungan *pile safety factor* *storm* maksimum

Pile Joint	Group	Penet rasi (ft)	Kapasitas (kips)	Max. Load (kips)	Load Cond	SF	UC
001P	CAS	160	-3584.3	-1157.1	108	3.09	0.77
002P	CAS2	160	-3584.3	-1219.3	107	2.93	0.69
003P	CAS3	160	-3584.3	-1034.7	108	3.46	0.83
004P	CAS4	160	-3584.3	-1105.1	104	3.24	0.73

Tabel 12 Hasil perhitungan *pile safety factor* *storm* minimum

Pile Joint	Group	Penet rasi (ft)	Kapasitas (kips)	Max. Load (kips)	Load Cond	SF	UC
001P	CAS	160	-3584.3	-1157.1	108	3.09	0.77
002P	CAS2	160	-3584.3	-1219.3	107	2.93	0.69
003P	CAS3	160	-3584.3	-1034.7	108	3.46	0.83
004P	CAS4	160	-3584.3	-1105.1	104	3.24	0.73

B. Analisis Seismik

Analisis seismik yang dilakukan untuk dua kondisi, yaitu : Analisis *ductility level earthquake* dan analisis *strenght level earthquake*. Pada tugas akhir ini lokasi platform berada di laut Natuna yang mempunyai nilai PGA untuk perioda ulang 200 tahun sebesar 0.11g dan perioda 1000 tahun sebesar 0.16g. Setelah itu SACS 5.3 akan mengeluarkan hasilnya atau outputnya. Berikut *output* analisis seismik, yaitu: Unity

Check, Joint Punching Shear, Pile Safety Factor.

B.1 Analisis *Strenght Level Earthquake*

Pada tabel 13 dapat di lihat bahwa nilai *unity check* untuk kondisi *strenght level earthquake* sudah memenuhi standar API RP2A WSD yaitu $UC < 1$. Hal ini berarti semua member yang ada pada struktur sudah mampu menahan gaya-gaya yang mengenainya.

Tabel 13 Unity check kondisi *strenght level earthquake*

Posisi	Group ID	Member	UC
Member Pile el. -354.33	PL1	001P-101P	0.89
Member Pile el. -311.67	PL2	101P-201P	0.80
Member Pile el.-24606	PL3	201P-301P	0.54
Member el. -354.33	HR	0953-103L	0.51
Member Brace el.-332.18	XD	201L-0841	0.42

Pada tabel 14 dapat dilihat rangkuman hasil analisis *joint punching shear* untuk kondisi *strenght level earthquake*. Berdasarkan hasil tersebut nilai UC *joint punching shear* sudah memenuhi ketentuan dari API RP2A WSD yaitu $UC < 1$. Hal ini berarti semua joint atau sambungan pada *jacket leg* mampu menahan semua gaya yang mengenai struktur.

¹ Mahasiswa Tugas Akhir

² Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Tabel 14 Hasil *unity check punching shear*

Elevasi	Joint	UC
Elevasi -311.67	201L	0.631
Elevasi -311.67	203L	0.611
Elevasi 354.33	102L	0.517
Elevasi 354.33	104L	0.498
Elevasi -311.67	202L	0.457
Elevasi -311.67	204L	0.410

Tabel 15 Hasil Perhitungan *pile safety factor*

Pile Joint	Group	Penetrasi (ft)	Kapasitas (kips)	Max. Load (kips)	SF	UC
001P	CAS	160	-3584.3	-1478	2.42	0.47
002P	CAS2	160	-3584.3	-1560.2	2.29	0.39
003P	CAS3	160	-3584.3	-1386.9	2.58	0.53
004P	CAS4	160	-3584.3	-1403.7	2.55	0.51

B.2 Analisis Ductility Level Earthquake

Pada tabel 16 dapat di lihat bahwa nilai *unity check* untuk kondisi *ductility level earthquake* sudah memenuhi standar API RP2A WSD yaitu $UC < 1$. Hal ini berarti semua member yang ada pada struktur sudah mampu menahan gaya-gaya yang mengenainya.

Tabel 16 Unity check kondisi *ductility level earthquake*

Posisi	Group ID	Member	UC
Member Pile el. -354.33	PL1	001P-101P	0.96
Member Pile el. -311.67	PL2	101P-201P	0.84
Member Pile el.-24606	PL3	201P-301P	0.63
Member el. -354.33	HR	0953-103L	0.58
Member Brace el.-332.18	XD	201L-0841	0.49

Pada tabel 17 dapat dilihat rangkuman hasil analisis *joint punching shear* untuk kondisi *ductility level earthquake*. Berdasarkan hasil tersebut nilai UC *joint punching shear* sudah memenuhi ketentuan dari API RP2A WSD yaitu $UC < 1$. Hal ini berarti semua joint atau sambungan tubular pada *jacket leg* mampu menahan semua gaya yang mengenai struktur.

Tabel 17 Hasil *unity check punching shear*

Elevasi	Joint	UC
Elevasi -311.67	201L	0.749
Elevasi -311.67	203L	0.713
Elevasi -354.33	102L	0.681
Elevasi -354.33	104L	0.634
Elevasi -311.67	202L	0.574
Elevasi -311.67	204L	0.570

Tabel 18 Hasil Perhitungan *pile safety factor*

Pile Joint	Group	Penetrasi (ft)	Kapasitas (kips)	Max. Load (kips)	SF	UC
001P	CAS	160	-3584.3	-2032.0	1.76	0.58
002P	CAS2	160	-3584.3	-1976.2	1.81	0.64
003P	CAS3	160	-3584.3	-1872.9	1.91	0.72
004P	CAS4	160	-3584.3	-1853.7	1.93	0.78

C. Analisis Fatigue

Hasil analisis *fatigue deterministic* tidak ada joint yang mempunyai *service life* kurang dari *desain life* struktur yaitu 25 tahun. Namun terdapat beberapa joint yang mempunyai *service life* yang mendekati 25 tahun. Pada

¹ Mahasiswa Tugas Akhir

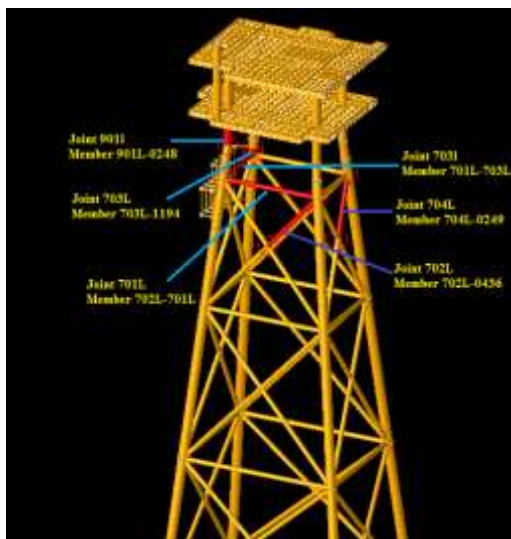
² Dosen Pembimbing Tugas Akhir

tabel 19 disajikan *service life* yang terkecil di antara joint yang lain.

Tabel 19 Hasil analisis *fatigue*

Joint	Member	Service Life (Tahun)
901L	901L-0248	123.0142
704L	704L-0249	96.65
703L	701L-703L	73.65
702L	702L-0463	27.81
703L	703L-1194	27.63
701L	702L-701L	26.03

Pada gambar 7.1 menunjukkan lokasi joint yang mempunyai *service life* terkecil.



Gambar 7.1 Lokasi *service life* terkecil

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Berdasarkan analisis *inplace* yang dilakukan nilai *unity check (UC) member*, *unity check joint (UC) punching shear*, dan *pile safety factor* sudah memenuhi standar API RP2A WSD yang dijadikan acuan

dalam melakukan analisis. Namun ada beberapa UC member dan UC joint punching shear yang nilainya mendekati 1 tetapi hal itu tidak mempengaruhi kekuatan dari struktur.

2. Berdasarkan analisis seismik yang dilakukan *unity check (UC) member*, *unity check joint (UC) punching shear*, dan *pile safety factor* sudah memenuhi standar API RP2A WSD. Hal ini berarti struktur kuat dalam menahan pergerakan tanah atau gempa secara desain.

3. Berdasarkan analisis *fatigue* yang dilakukan tidak terdapat usia layan dari sambungan tubular yang berada dibawah *desain life* struktur yaitu 25 tahun. Namun terdapat satu joint yang usia layannya mendekati *desain life* yaitu **joint 701L** dengan usia layan 26.03 tahun.

Saran untuk Tugas Akhir sebagai berikut :

1. Mempelajari lebih dalam tentang software SACS 5.3 karena software ini bisa melakukan berbagai macam analisis struktur lepas pantai.

DAFTAR PUSTAKA

American Petroleum Institut, “*Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platform-Working Stress Design*”, API RP2A WSD 21st edition, American Petroleum Institut, December 2000.

¹ Mahasiswa Tugas Akhir

² Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Tawekal, Ricky Lukman, "*Bangunan Lepas Pantai*", Institut Teknologi Bandung

Chakrabarti, Subarta K., "*Handboook of Offshore Engineering*", Elsevier 2005.

American Institut of Steel
Construction.1989.*AISC 9th Edition Manual*

of Steel Construction, Allowable Stress Design. New York

Dr.S.Nallayarasu,"*Offshore Structure Analysis and Design*", Departement of Ocean Engineering, Indian Institute of Technology Madras Chennai-600036, India

¹ Mahasiswa Tugas Akhir

² Dosen Pembimbing Tugas Akhir