

DESAIN DAN ANALISIS FATIGUE ANJUNGAN LEPAS PANTAI TIPE TETAP DENGAN STANDAR DNV RP C203

Rizky Pitajeng¹ dan Ricky Lukman Tawekal²

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan,
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

¹rizky.pitajeng@hotmail.com dan ²ricky@ocean.itb.ac.id

ABSTRAK

Jacket platform adalah anjungan lepas pantai tipe tetap yang paling umum digunakan dalam kegiatan eksplorasi dan eksploitasi migas lepas pantai. Salah satu *jacket platform* yang telah dibangun dan beroperasi di Indonesia adalah Platform X. Struktur ini dibangun di South Mahakam Field dengan kedalaman hingga perairan 56.4 m dari LAT. Perancangan struktur harus mengikuti dan memenuhi standar internasional yang berlaku demi memenuhi kebutuhan selama operasi seperti *API Recommended Practice* dan *DNV Recommended Practice*.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, akan dilakukan pemodelan dan analisis struktur anjungan lepas pantai. Pemodelan struktur anjungan lepas pantai akan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SACS (*Offshore Structural Analysis and Design Software*).

Secara umum, terdapat 3 analisis struktur yang dilakukan. Analisis statik *in-place* untuk mengetahui kekuatan struktur selama kondisi operasi. Analisis *seismic* untuk menguji kekuatan struktur dalam menghadapi beban gempa. Analisis *fatigue* untuk mengetahui kekuatan struktur yang dibebani oleh beban berulang (*cyclic load*). Hasil dari analisis struktur yang dilakukan harus memenuhi persyaratan standar untuk dianggap layak.

Fokus utama pekerjaan yang dilakukan pada penulisan tugas akhir ini adalah analisis *fatigue* menggunakan standar DNV RP C203. DNV RP C203 merupakan standar untuk analisis *fatigue* yang dapat menghitung berbagai jenis sambungan. Selain sambungan *tubular*, DNV RP C203 juga menjelaskan analisis *fatigue* untuk sambungan *conical transition connection* dan *butt weld connection* dimana terdapat transisi ketebalan antara 2 member pada sambungan. Dalam analisis *fatigue*, kriteria yang perlu ditentukan dengan mengacu pada DNV RP C203 adalah nilai kurva S-N serta *stress concentration factor* (SCF) untuk setiap sambungan *tubular* selain *simple tubular joint*.

Pada penelitian tugas akhir ini, akan didapatkan masa layan masing-masing sambungan yang terdapat pada struktur fixed platform. Hasil analisis fatigue menurut standar API RP 2A memiliki nilai yang berbeda dengan hasil analisis fatigue menurut standar DNV RP C203. Untuk umur desain 21 tahun, pada analisis fatigue menurut API RP 2A diperoleh hasil umur layan terkecil simple tubular joint sebesar 162.463 tahun sedangkan umur layan terkecil simple tubular joint pada analisis fatigue menurut DNV RP C203 diperoleh 282.17 tahun. Nilai ini berbanding terbalik dengan nilai SCF yang digunakan pada masing-masing standar. Dimana, SCF tubular joint menurut API RP 2A dihitung secara otomatis menggunakan SACS dengan persamaan Efthymiou akan menghasilkan nilai SCF yang lebih besar dibandingkan dengan SCF perhitungan manual menggunakan persamaan yang disediakan oleh DNV RP C203.

Selain *simple tubular joint*, tipe sambungan lain seperti *conical transition connection* dan *butt weld connection* terdapat pada struktur anjungan lepas pantai. Namun standar API RP 2A tidak mengatur mengenai analisis fatigue untuk sambungan selain *simple tubular joint*. Oleh karena itu, perhitungan analisis fatigue untuk selain *joint simple tubular*, dilakukan dengan mengacu pada standar DNV RP C203. Standar DNV RP C203 menyediakan persamaan yang dapat digunakan dalam perhitungan nilai SCF joint tubular selain *simple joint*. Perhitungan SCF *conical transition connection* dan *butt weld connection* yang mengacu pada DNV RP C203 menghasilkan nilai SCF yang cukup kecil (< 3) sehingga hasil umur layan yang diperoleh menjadi sangat besar. Umur layan terkecil *conical transition connection* dari hasil analisis diperoleh sebesar 14668×10^4 tahun dan 116236.2 tahun untuk *butt weld connection*. Karena besarnya nilai umur layan yang dihasilkan dari analisis untuk joint-joint selain *simple tubular joint*, maka tidak umum dilakukan analisis fatigue pada joint-joint tersebut pada saat perencanaan struktur anjungan lepas pantai.

Kata kunci: *jacket platform*, API RP 2A, DNV RP C203, analisis *in-place*, analisis *seismic*, analisis *fatigue*.

PENDAHULUAN

Salah satu ladang migas yang terdapat di Indonesia adalah South Mahakam field. South Mahakam field terletak 25 km dari pantai Balikpapan, Kalimantan Timur. Pengembangan lebih lanjut di South Mahakam field direncanakan untuk meningkatkan produktivitas migas. Tugas Akhir “Desain dan Analisis Fatigue Anjungan Lepas Pantai Tipe Tetap dengan Standar DNV RP C203” ini dilatarbelakangi keinginan penulis untuk melakukan pemodelan ulang dan analisis struktur dari anjungan struktur tipe tetap di lokasi South Mahakam field.

Dalam proses perancangan, anjungan lepas pantai harus memenuhi kriteria-kriteria analisis yang telah ditetapkan dalam standar internasional. *American Petroleum Institute Recommended Practice* (API RP) 2A dan *Det Norske Veritas Recommended Practice* (DNV RP) C203 merupakan standar internasional yang umum digunakan sebagai panduan analisis anjungan lepas pantai.

Analisis struktur yang dilakukan mencakup analisis *in-place*, *seismic*, dan *fatigue*. Pada standar API RP 2A, analisis *fatigue* hanya diatur sebatas sambungan tubular, sedangkan sambungan tipe lain tidak diatur. Oleh karena itu, perhitungan

analisis *fatigue* untuk berbagai jenis sambungan dihitung menggunakan standar DNV RP C203.

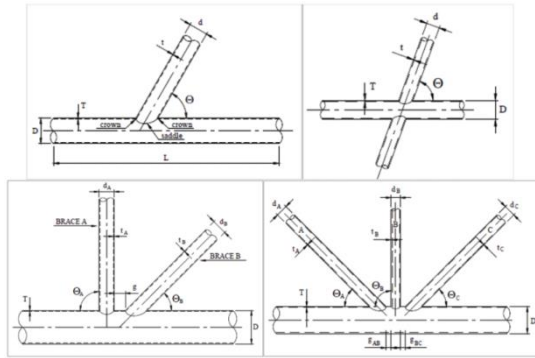
TEORI DAN METODOLOGI

Pada pelaksanaan studi ini digunakan perangkat lunak analisis struktur anjungan lepas pantai SACS untuk pembuatan model desain anjungan lepas pantai dengan dua buah standar rekomendasi Anjungan Lepas Pantai. Pertama yaitu API RP 2A yang digunakan sebagai acuan parameter kelayakan struktur dalam pelaksanaan analisis *inplace*, *seismic*, dan *fatigue*. Kedua adalah DNV RP C203 yang digunakan sebagai acuan perhitungan parameter struktur dalam pelaksanaan analisis *fatigue*.

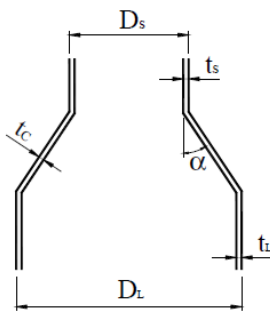
API RP 2A mengatur perhitungan SCF simple tubular joint dengan perhitungan menggunakan persamaan Efthymiou, sedangkan DNV RP 2A memberikan persamaan-persamaan perhitungan SCF, tidak hanya untuk *simple tubular joint*, tapi juga untuk jenis joint tubular lainnya.

Bentuk geometri sambungan yang tergolong dalam simple tubular joint diantaranya adalah T, Y, X, K, dan KT seperti yang ditunjukkan dalam **Gambar 1**. Sementara itu, joint tubular lain yang

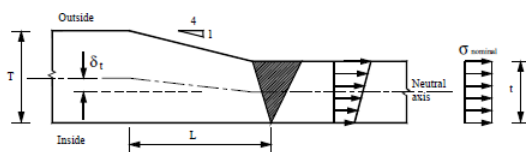
juga diatur dalam DNV RP C203 adalah *conical transition connection* yang digambarkan pada **Gambar 2** serta **Gambar 3** untuk *butt weld connection*.



Gambar 1 Bentuk geometri simple tubular joint.



Gambar 2 Bentuk geometri *conical transition connection*.

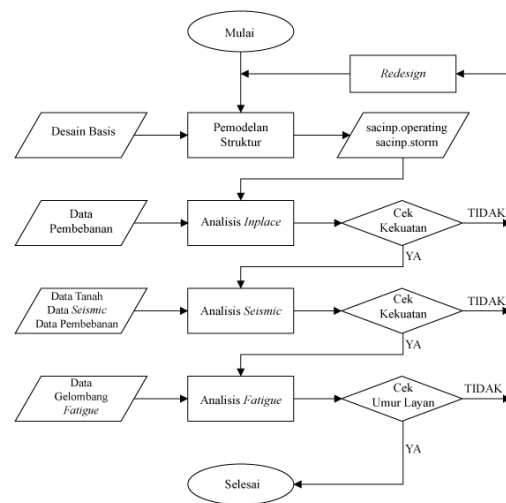


Gambar 3 Bentuk geometri *butt weld connection*.

API RP 2A merekomendasikan perhitungan analisis fatigue dilakukan dengan menggunakan metode spektral, oleh karena itu dalam studi ini perhitungan fatigue akan dilakukan dengan input data gelombang 16 arah.

Keluaran dari analisis fatigue yang dijalankan menggunakan perangkat lunak SACS adalah umur layan dari struktur untuk menentukan kelayakan struktur tersebut untuk dibangun.

Alur pengerjaan studi Tugas Akhir ini diilustrasikan pada **Gambar 4**.



Gambar 4 Metodologi pengerjaan

HASIL DAN ANALISIS

Setelah pembuatan model desain struktur, analisis pertama yang dijalankan pada struktur adalah analisis inplace untuk mengetahui kemampuan struktur menahan beban operasional dan beban lingkungan akibat badai.

Pembebanan analisis inplace untuk kondisi operasional (periode ulang 1 tahun) mencakup *selfweight*, *live load*, *dead load*, *crane vertical load*, *crane moment*, *crane dead load*, *environment load*. Pembebanan analisis inplace untuk kondisi badai (periode ulang 100 tahun)

mencakup *selfweight*, *live load*, *dead load*, *crane dead load*, *environment load*.

Dalam melakukan pemodelan, dilakukan pembuatan/desain struktur sebanyak 4 kali hingga diperoleh hasil running yang tidak error dan nilai *unity check* (UC)

sebesar <1 . Perubahan desain berupa perubahan ukuran pada member yang mengalami kegagalan.

Hasil UC yang diperoleh untuk masing-masing kondisi ditampilkan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1 Member UC Kondisi Operasi - Inplace

Minimum Water Depth			Maximum Water Depth		
Member	UC	Lokasi	Member	UC	Lokasi
1572-1571	0.983	Main Deck	0311-0310	0.981	Suspended Deck
1104-1093	0.98	Upper Deck	1797-1795	0.978	Cellar Deck
1707-1721	0.978	Cellar Deck	1758-1747	0.968	Cellar Deck
0335-1339	0.969	Upper Deck	0310-DL01	0.967	Suspended Deck
1364-1294	0.967	Upper Deck	0155-0977	0.954	Main Deck

Tabel 2 Member UC Kondisi Operasi - Inplace

Minimum Water Depth			Maximum Water Depth		
Member	UC	Lokasi	Member	UC	Lokasi
1819-1818	0.933	Cellar Deck	1819-1818	0.932	Cellar Deck
1707-1721	0.928	Cellar Deck	1707-1721	0.925	Cellar Deck
0310-DL01	0.89	Suspended Deck	0310-DL01	0.89	Suspended Deck
BR01-103L	0.889	Diagonal Bracing	BR01-103L	0.888	Diagonal Bracing
201L-BR01	0.882	Diagonal Bracing	201L-BR01	0.882	Diagonal Bracing

Analisis yang dilakukan selanjutnya adalah analisis *seismic* dengan perioda ulang 475 tahun untuk kondisi SLE dan 2000 tahun untuk kondisi RIE. Hasil analisis *seismic* telah memenuhi kriteria kelayakan struktur menghadapi beban

gempa yaitu dengan nilai $UC < 1$, sehingga struktur tidak perlu mengalami modifikasi. Hasil UC joint analisis *seismic* ditampilkan dalam tabel **Tabel 3**.

Tabel 3 Joint UC Kondisi Operasi - Seismic

Joint	Diameter (in)	Thickness (in)	Yield Stress (ksi)	UC
Kondisi SLE				
977	36	1	51.48	0.813
975	36	1	51.48	0.708
DL34	36	0.625	51.48	0.546
DL32	36	0.625	51.48	0.476
928	20	1	51.48	0.458
Kondisi SLE				
977	36	1	51.48	0.987
975	36	1	51.48	0.954
DL34	36	0.625	51.48	0.711
DL32	36	0.625	51.48	0.636
928	20	1	51.48	0.518

Analisis terakhir yang dilakukan terhadap struktur adalah analisis fatigue

menggunakan standar API RP 2A dan DNV RP C203. Hasil analisis *fatigue* API RP 2A ditunjukkan dalam **Tabel 4**.

Tabel 4 Umur Layan Simple Tubular Joint – API RP 2A

No.	Joint	Location	Z (ft)	Joint Type	SCF				Umur Layan (tahun)
					AX-CR	AX-SD	IN-PL	OU-PL	
1	1143	JACKET	-47.57	T	3.24	8.37	3.07	8.41	162.463
2	402L	JACKET	0.00	T	4.39	13.63	4.67	9.26	167.869
3	1124	JACKET	-47.57	T	2.65	6.36	3.07	6.70	172.988
4	1129	JACKET	-47.57	X	2.43	9.76	3.07	7.51	437.502
5	1123	JACKET	-47.57	T	3.08	8.00	3.07	8.02	453.356

Sedangkan hasil analisis *fatigue* DNV RP C203 untuk member yang sama ditunjukkan dalam **Tabel 5**.

Tabel 5 Umur Layan Simple Tubular Joint – DNV RP C203

No.	Joint	SCF Axial Load				SCF Inplane Bending		SCF Out of plane Bending		Umur Layan (tahun)
		CH AX-SD	CH AC-CR	BR AX-SD	BR AX-CR	CH IN-PL	BR IN-PL	CH OU-PL	BR OU-PL	
1	1143	1.17	4.61	5.13	2.72	2.84	2.67	7.97	5.13	282.170
2	402L	1.00	4.63	8.84	2.56	4.32	3.79	7.43	6.12	1020.540
3	1124	1.00	3.53	3.91	2.23	2.84	2.67	7.04	4.20	314.365
4	1129	10.37	0.97	5.50	2.11	2.84	2.67	5.96	3.48	992.775
5	1123	1.00	4.32	4.08	2.58	2.84	2.67	6.98	4.13	855.672

Dari perbandingan hasil analisis joint antara API RP 2A dengan DNV RP C203 di atas, diketahui bahwa nilai umur layan berdasarkan API RP 2A lebih kecil daripada DNV RP C203.

Untuk hasil analisis fatigue *conical transition connection* ditampilkan pada **Tabel 6**.

Dan hasil analisis fatigue 10 butt weld connection ditampilkan pada **Tabel 7**.

Tabel 6 Umur Layan *Conical Transition Connection* – DNV RP C203

No.	Joint	SCF		Umur Layan (tahun)	
		Cone	Tubular	Cone	Tubular
1	1836	1.11	1.06	15746×10^5	18579×10^4
2	1831	1.68	1.68	24369×10^4	25700×10^4
3	1837	1.11	1.06	14146×10^5	16569×10^4
4	1706	1.68	1.68	50301×10^4	53047×10^4
5	1841	1.11	1.06	12374×10^5	14668×10^4
6	1702	1.68	1.68	15339×10^5	16227×10^5
7	1860	1.11	1.06	43811×10^5	51661×10^4
8	1768	1.68	1.68	21761×10^5	22985×10^5

Tabel 7 Umur Layan *Butt Weld Connection* – DNV RP C203

No	Joint	SCF	Umur Layan (tahun)	No	Joint	SCF	Umur Layan (tahun)
1	0594	1.52	9095704	6	0615	1.49	35805×10^3
2	0595	1.52	156943.9	7	0616	1.49	17111×10^3
3	0589	1.43	156479.5	8	0617	1.13	36115×10^4
4	601L	2.29	174734.7	9	0618	1.13	56457×10^4
5	603L	2.36	116236.2	10	0619	1.13	1346609

Dari hasil analisis joint dengan DNV RP C203 pada joint selain *simple tubular* di atas, diketahui bahwa nilai umur layan yang diperoleh sangat besar karena nilai SCF hasil perhitungan yang dihasilkan juga kecil (< 3).

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada pembahasan tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Parameter desain struktur anjungan lepas pantai berdasarkan API RP 2A yang telah dipenuhi dalam analisis *inplace* adalah sebagai berikut:
 - a. Nilai UC member < 1 dengan UC terbesar untuk kondisi operasi adalah 0.983 dan untuk badai adalah 0.933 dalam kondisi minimum water depth.
 - b. Nilai UC joint < 1 dengan UC terbesar untuk kondisi operasi adalah 0.992 dan untuk badai

adalah 0.917 dalam kondisi minimum water depth.

- c. Nilai Pile SF ≥ 2 untuk kondisi operasi dan ≥ 1.5 untuk kondisi badai, dengan Pile SF terkecil untuk kondisi operasi adalah 7.98 dan untuk badai adalah 5.82 dalam kondisi minimum water depth.
2. Parameter desain struktur anjungan lepas pantai berdasarkan API RP 2A yang telah dipenuhi dalam analisis *seismic* adalah sebagai berikut:
 - a. Nilai UC member < 1 dengan UC terbesar untuk kondisi SLE adalah 0.18 dan untuk RIE adalah 0.18.
 - b. Nilai UC joint < 1 dengan UC terbesar untuk kondisi SLE adalah 0.813 dan untuk RIE adalah 0.987.
3. Parameter desain struktur anjungan lepas pantai berdasarkan API RP 2A dan DNV RP C203 yang telah dipenuhi dalam analisis *fatigue* adalah sebagai berikut:
 - a. Umur layan untuk simple tubular joint berdasarkan API RP 2A menghasilkan nilai minimum 162.463 tahun, sedangkan berdasarkan DNV RP C203 menghasilkan nilai minimum 282.17 tahun.
 - b. Umur layan untuk conical joint berdasarkan DNV RP C203

menghasilkan nilai minimum 14668×10^4 tahun.

- c. Umur layan untuk butt weld joint berdasarkan DNV RP C203 menghasilkan nilai minimum 116236.2 tahun.

Untuk studi lebih lanjut, penulis menyarankan beberapa hal, yaitu:

1. Optimasi struktur dapat dilakukan pada member tiang pancang dengan cara mengurangi kedalaman pancang untuk memperoleh nilai *pile safety factor* yang lebih kecil agar tidak terjadi *over design*.
2. Optimasi struktur lebih lanjut dapat dilakukan untuk memperoleh nilai umur layan yang lebih kecil agar tidak terjadi *over design*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Petroleum Institute. 2005. *API RP2A : Recommended Practice for Planning, Designing, and Construction Fixed Offshore Platform*. Washington D.C. : American Petroleum Institute
- [2] Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Det Norske Veritas. 2011. *DNV RP C203 : Fatigue Design of Offshore Steel Structures*. Norwegia : Det Norske Veritas.
- [5] Tawekal, Ricky L. 2011. *Catatan Kuliah KL 4120 Anjungan Lepas Pantai*. Bandung : Penerbit ITB.