

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA *JACKET PLATFORM* 6

KAKI

Kartika Ayu Savitry¹ dan Rildova²

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

kartikaayusavitry21@gmail.com

ABSTRAK

Desain dari suatu perencanaan anjungan lepas pantai harus memenuhi standar yang berlaku secara internasional. Digunakan standar API RP2A yang merupakan kode yang biasa digunakan untuk perancangan atau modifikasi anjungan lepas pantai tipe *jacket*, serta AISC ASD yang merupakan kode mengenai konstruksi baja. Secara umum laporan Tugas Akhir ini membahas mengenai langkah dalam memperoleh kebutuhan dimensi baja yang optimal dalam perencanaan struktur utama *jacket platform* yang memenuhi standar dan kode desain berdasarkan beban-beban yang bekerja. Perencanaan ini dilakukan dengan membuat *preliminary design* untuk memperoleh kebutuhan awal dimensi baja yang kemudian dimodelkan bersama beban *equipment* dan beban lingkungan. Pada hasil analisis *inplace* dan *fatigue*, struktur yang direncanakan sudah memenuhi syarat masing-masing analisis terutama nilai rasio *unity check*, *joint punching shear*, dan *safety factor* tiang pancang.

Kata Kunci: struktur, *jacket platform*, pemilihan dimensi, analisis *inplace*, analisis *fatigue*

PENDAHULUAN

Kebutuhan suatu infrastruktur anjungan lepas pantai menjadi semakin diperlukan dengan semakin banyaknya kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi. Kondisi lingkungan dan kedalaman perairan yang berbeda-beda sesuai lokasi operasi membuat setiap perancangan suatu anjungan lepas pantai akan berbeda kebutuhan desainnya. Untuk mendapatkan desain yang optimal, diperlukan

suatu tahap perencanaan dalam memperkirakan kebutuhan awal dimensi baja yang dapat memenuhi syarat kelayakan API RP2A dan AISC ASD.

TEORI DAN METODOLOGI

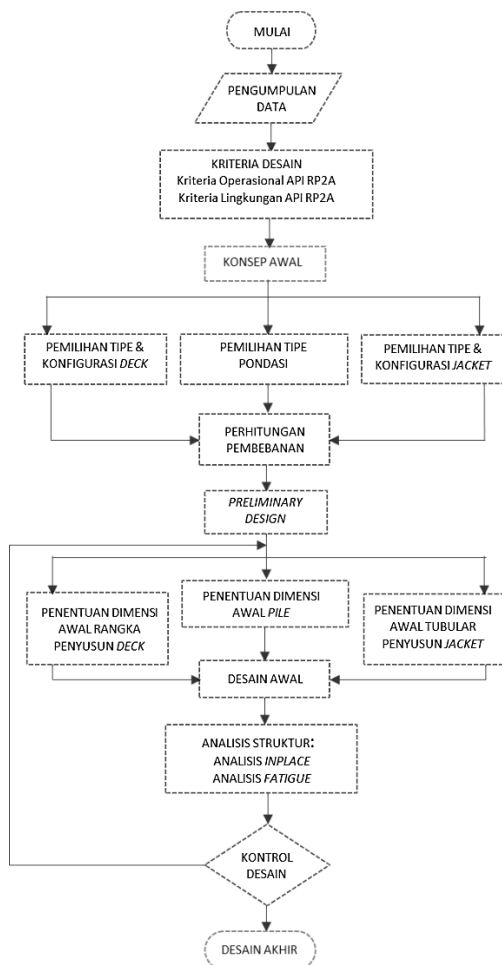
Bangunan atau sistem lepas pantai memiliki ciri-ciri, beroperasi di daerah sekitar sumur minyak yang terbatas sehingga tidak dapat berpindah jauh, tidak beroperasi di daratan, tidak dibangun langsung di lapangan, serta

¹ Mahasiswa Tugas Akhir

² Dosen Pembimbing Tugas Akhir

tetap beroperasi di lapangan selama masa operasi sehingga harus dapat bertahan dalam kondisi ekstrim yang mungkin terjadi.

Dalam tahapan perencanaan struktur *jacket platform*, untuk mencapai rancangan yang optimal dan memenuhi persyaratan dibutuhkan suatu proses yang berulang agar penentuan konfigurasi dan ukuran struktur dapat efektif. Secara umum tahapan tersebut dilakukan dengan metodologi seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Metodologi Perencanaan *Jacket Platform*

Dalam tahap *preliminary design*, dilakukan pemilihan dimensi baja untuk setiap member penyusun komponen struktur. Penentuan balok baja harus didesain berdasarkan standar AISC (API RP2A, 2000), meliputi pemilihan penampang balok yang dilakukan dengan menentukan modulus penampang minimum (AISC, 2005), menggunakan rumus:

$$S_x = \frac{M_a}{F_b} \quad (\text{Pers. 1})$$

Dengan:

M_a = Momen Maksimum

F_b = Allowable Stress

$$F_b = 0,66 F_y \quad (\text{Pers. 2})$$

Profil balok yang dipilih kemudian dilakukan pengecekan terhadap kekuatan geser. Kekuatan geser yang terjadi pada penampang terpilih tidak boleh melebihi kekuatan geser ijin (F_{v-ijin}). Secara umum dapat diasumsikan bahwa:

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga}$$

$$F_{v-ijin} = 0,4 \times F_y \quad (\text{Pers. 3})$$

Untuk penentuan dimensi tubular, tegangan aksial tekan yang diijinkan (F_a) harus ditentukan berdasarkan formula AISC dengan rasio $D/t \leq 60$.

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}\right] F_y}{5/3 + \frac{3(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}} \quad (\text{Pers. 4})$$

untuk $KL/r < C_c$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2} \quad (\text{Pers. 5})$$

untuk $KL/r \geq C_c$

Dengan nilai C_c yaitu:

$$C_c = \left[\frac{12 \pi^2 E}{F_y} \right]^{1/2} \quad (\text{Pers. 6})$$

Dimana:

E = Modulus Elastisitas, ksi (MPa)

K = faktor panjang efektif

L = *unbraced length*, in. (m)

r = jari-jari girasi, in. (m)

$$= \sqrt{\frac{I}{A}}$$

I = inersia penampang, in⁴. (m⁴)

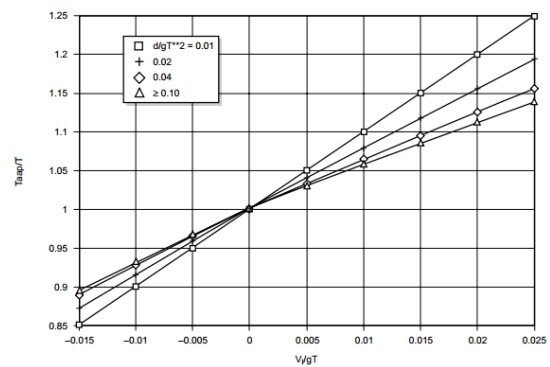
A = luas penampang, in². (m²)

API RP2A menyaratkan nilai rasio kelangsingan (KL/r) tidak lebih dari 80 untuk dimensi tubular.

Dalam perencanaan, anjungan lepas pantai harus dapat menerima beban-beban yang bekerja, diantaranya:

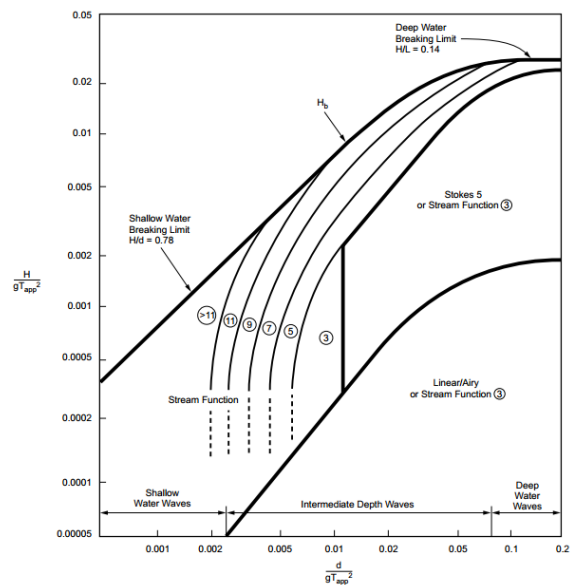
1. Gaya Gelombang

Dalam perencanaan desain gelombang perlu ditentukan teori gelombang yang sesuai. Gambar 2 berikut merupakan diagram untuk menentukan nilai T_{app} yang akan digunakan dalam diagram penentuan teori gelombang pada Gambar 3.



Gambar 2 Grafik Penentuan T_{app}

(Sumber: API RP2A, halaman 13)



Gambar 3 Grafik Daerah Aplikasi Teori Gelombang

(Sumber: API RP2A, halaman 14)

2. Arus

Arus di laut biasanya terjadi akibat adanya pasang surut dan gesekan angin pada permukaan laut. Kecepatan arus bekerja pada arah horizontal dan bervariasi menurut kedalaman.

3. Angin

Pengaruh angin dalam kondisi ekstrim sangat signifikan terhadap struktur yang berada diatas

permukaan air. Beban angin diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$F = \frac{1}{2} \rho C_s A V^2 \quad (\text{Pers. 7})$$

Dimana:

ρ = berat jenis udara

C_s = koefisien bentuk

A = luas proyeksi objek

V = kecepatan angin

HASIL DAN ANALISIS

Analisis *inplace* adalah analisis yang dilakukan pada suatu struktur untuk mengetahui kekuatan data tahan struktur dalam menahan beban-beban yang bekerja dan terhadap kondisi pembebanan yang terjadi pada struktur. Terdapat dua kondisi lingkungan yang bekerja pada struktur yang akan ditinjau, yaitu kondisi operasional dan kondisi badai.

Output dari analisis *inplace* ini berupa *unity check* dari setiap member struktur, *joint punching shear check* pada member tubular, dan *safety factor* dari *pile*. Berdasarkan API RP2A, rasio tegangan yang terjadi harus lebih kecil dari 1 ($UC < 1$) baik untuk seluruh member maupun join pada struktur, sedangkan untuk nilai *safety factor* harus lebih besar atau sama dengan 2 ($SF \geq 2$) untuk kondisi *operating*, dan harus lebih besar atau sama dengan 1,5 ($SF \geq 1,5$) untuk kondisi *storm*. Hasil analisis UC semua member untuk

kondisi *1-year operating* dan *100-years storm* ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1 *Unity Check* Maksimum pada Member Struktur *Jacket Platform*

LOCATION	1-YEAR OPERATING		100-YEARS STORM	
	MEMBER (GROUP)	UC	MEMBER (GROUP)	UC
Main Deck	SBM (0011-0078)	0,72	MBM (0006-0648)	0,51
Cellar Deck	MBC (0688-0788)	0,66	MBC (0688-0788)	0,68
Deck Leg	DL (0691-603L)	0,69	DL (0691-603L)	0,68
Jacket Leg	LG4 (1245-1230)	0,21	LG4 (1245-1230)	0,27
Diagonal Jacket Bracing	DB1 (1223-403L)	0,23	DB1 (1223-403L)	0,32
Horz. Jacket Framing	HR1 (402L-403L)	0,21	HR1 (402L-405L)	0,25
Pile Above Mudline	PL6 (503L-603L)	0,48	PL6 (503L-603L)	0,47

Nilai UC maksimum untuk *joint punching shear* struktur *jacket* disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2 *Joint Punching Shear Unity Check* Maksimum Struktur *Jacket*

LOCATION	1-YEAR OPERATING		100-YEARS STORM	
	JOINT NO.	UC	JOINT NO.	UC
Working Point El. (+) 24 ft	603L	0,412	603L	0,388
Jacket Framing El. (+) 15 ft	403L	0,14	403L	0,192
Jacket Framing El. (-) 34 ft	302L	0,088	302L	0,127
Jacket Framing El. (-) 85 ft	203L	0,058	201L	0,1
Jacket Framing El. (-) 146 ft	103L	0,075	102L	0,094

Nilai *safety factor* dan UC pada *pile* untuk kondisi *operating* dan *storm* dirangkum dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Pile Safety Factor

1-YEAR OPERATING						
JOINT	GROUP	PENET. (FT.)	AXIAL CAPACITY (Kips)	AXIAL LOAD (Kips)	SAFETY FACTOR	UNITY CHECK
001P	PLA	162	2002,2	634,9	3,15	0,63
002P	PLB	162	2057,8	691,5	2,98	0,67
003P	PLC	162	2002,2	845,0	2,37	0,84
004P	PLD	162	2002,2	597,9	3,35	0,60
005P	PLE	162	2057,8	650,2	3,16	0,63
006P	PLF	162	2002,2	792,3	2,53	0,79
100-YEARS STORM						
JOINT	GROUP	PENET. (FT.)	AXIAL CAPACITY (Kips)	AXIAL LOAD (Kips)	SAFETY FACTOR	UNITY CHECK
001P	PLA	162	2002,2	715,7	2,80	0,71
002P	PLB	162	2057,8	766,9	2,68	0,75
003P	PLC	162	2002,2	967	2,07	0,97
004P	PLD	162	2002,2	692,1	2,89	0,69
005P	PLE	162	2057,8	714,5	2,88	0,69
006P	PLF	162	2002,2	901,9	2,22	0,90

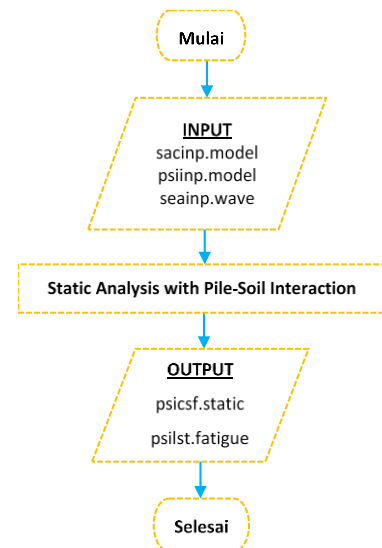
Analisis *fatigue* merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap pembebanan berulang atau siklik seperti gelombang. Terdapat 2 metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisis *fatigue*, yaitu metode deterministik dan metode spektral gelombang.

Dalam pengerjaan karya tulis ini, digunakan metode analisis *fatigue* deterministik dengan usia layan struktur direncanakan untuk 20 tahun dan *safety factor* 2,0. Dalam melakukan

analisis *fatigue* menggunakan perangkat lunak SACS terdapat 2 tahapan yaitu:

1. Analisis Statik

Dalam tahap ini dibutuhkan 3 jenis *file* sebagai input data yaitu *sacinp*, *psiinp*, dan *seainp*. *File* *psiinp* yang digunakan sama dengan yang digunakan dalam analisis *inplace*, untuk *file* *sacinp* sedikit dimodifikasi dengan menghapus semua beban sehingga hanya terdapat berat sendiri struktur. *file* *seainp* merupakan *file* yang berisi data kejadian gelombang. Prosedur analisis statik ini disajikan dalam Gambar 4 berikut.

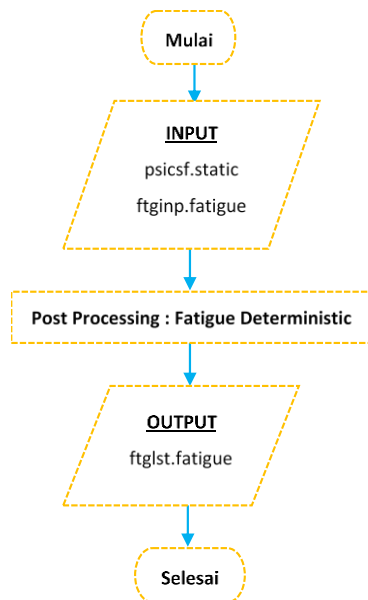


Gambar 4 Prosedur Tahapan Statik untuk Analisis *Fatigue*

2. Analisis Post Processing Fatigue

Dibutuhkan sebuah *file* dari hasil tahapan analisis statik sebagai input dalam analisis ini, yaitu *file* *psicfs*. Selain itu, input *file* *ftginp* juga

diperlukan dalam tahapan analisis ini. File *ftginp* berisi spesifikasi informasi untuk analisis *fatigue* seperti jumlah kejadian gelombang dan *design life* dari struktur. Prosedur tahapan analisis ini ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5 Prosedur Analisis *Post Processing Fatigue Deterministic*

Pada hasil analisis *fatigue* untuk struktur awal, terdapat beberapa join yang belum memenuhi syarat dengan masa layan kurang dari 20 tahun, ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Daftar Join pada Struktur Awal dengan Masa Layan <20 Tahun

NO. JOINT	GROUP	DAMAGE	SERVICE LIFE (TAHUN)
1223	DB1	9,3	2,15
1247	DB1	5,95	3,35
103P	PL1	1,29	15,45
103P	PL2	1,29	15,459

Dengan melakukan perubahan pada tebal tubular yang memiliki join dengan umur layan kurang dari 20 tahun, kemudian dilakukan analisis ulang pada *fatigue*, serta pengecekan pada analisis *inplace*. Diperoleh hasil seluruh join pada struktur telah memenuhi syarat yang diinginkan berdasarkan analisis *fatigue*, ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5 Umur Join Setelah diberi Dimensi Baru

NO. JOINT	GROUP	DAMAGE	SERVICE LIFE (TAHUN)
1223	DB1	0,52	36,1
1247	DB1	0,83	24,04
103P	PL1	0,79	28,2
103P	PL2	0,86	23,1

Untuk hasil analisis *inplace* setelah dilakukan perubahan pada tebal beberapa tubular, seluruh member dan join memiliki nilai UC yang memenuhi syarat kelayakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis *inplace* dan *fatigue* dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai rasio UC untuk analisis *inplace* telah memenuhi syarat yaitu sebesar 0,72 untuk kondisi operasi dan 0,67 untuk kondisi ekstrim, UC kurang dari 1,0. Untuk *joint punching shear*, nilai UC untuk kondisi operasi adalah 0,414

dan kondisi ekstrim 0,39. Nilai dari *pile safety factor* terkecil yang diperoleh adalah sebesar 2,33 untuk kondisi operasi dan 2,1 untuk kondisi ekstrim, nilai *safety factor* sudah memenuhi syarat yaitu lebih dari 2,0 untuk kondisi operasi dan lebih dari 1,5 untuk kondisi ekstrim.

2. Untuk masa layan join sudah memenuhi syarat yang diinginkan yaitu melebihi masa layan desain 20 tahun setelah dilakukan perubahan pada dimensi tubular *jacket brace*.

Saran yang dapat diberikan setelah mengerjakan Tugas Akhir ini adalah:

1. Dibutuhkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai perangkat lunak SACS, seperti pengetahuan tentang data yang dibutuhkan sebagai input dalam SACS, cara kerja perangkat lunak SACS dalam melakukan analisis yang diinginkan, serta pemahaman mengenai opsi-opsi yang ada pada SACS.
2. Dalam melakukan optimasi, sebaiknya memperhatikan ketersediaan ukuran tubular baja yang terdapat dalam standar seperti API.

DAFTAR PUSTAKA

American Institut of Steel Construction. 2005. *Manual of Steel Construction – Allowable Stress Design 13th Edition*. AISC.

American Petroleum Institut. 2000. *Recommended Practice for Planning, Designing, and Construction Fixed Platform Offshore API-RP 2A WSD 21st Edition*. Washington D.C.: API Publishing Services.