

# ANALISIS *FATIGUE* PADA *FLEXIBLE RISER* DENGAN PENDEKATAN DOMAIN WAKTU

Andi Andreas Hutagalung

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan, FTSL, ITB

[andiandreas.hutagalung@yahoo.com](mailto:andiandreas.hutagalung@yahoo.com)

Kata Kunci: *fatigue*, *flexible*, *riser*

## PENDAHULUAN

Analisis desain *riser* akan dilakukan dalam berbagai aspek desain untuk menentukan jenis *riser* yang tepat digunakan. Salah satu perhitungan yang dilakukan dalam mendesain *riser* adalah *fatigue*. Pada masa layannya, *riser* akan terpengaruh oleh beban lingkungan. *Riser* secara konstan akan menerima gaya hidrodinamis yang bersifat siklik. Gaya hidrodinamis yang bekerja pada *riser* antara lain adalah pengaruh gaya gelombang dan gaya arus. Gaya yang bekerja terus menerus terhadap *riser* akan mengakibatkan suatu kelelahan yang mengakibatkan kegagalan *fatigue*.

*Fatigue* yang terjadi pada *riser* akan mengakibatkan kegagalan pada *riser* dikarenakan beban yang terjadi secara berulang-ulang dari lingkungan dan mengakibatkan kerusakan pada lapisan *riser*. Perhitungan *fatigue* yang dilakukan berguna untuk menghitung umur *fatigue* dari *riser* tersebut agar memenuhi masa layan yang diinginkan. Perhitungan *fatigue* bertujuan mengetahui umur *fatigue* pipa agar kerusakan yang terjadi akibat kelelahan pada pipa tidak terjadi dikarenakan umur *fatigue* yang kurang dari masa layan. Apabila umur *fatigue* pada pipa lebih pendek daripada masa layan yang diinginkan, maka pipa *riser* harus kembali didesain untuk memenuhi kriteria tersebut [1].

## METODOLOGI

Perhitungan *fatigue* pada *riser* dilakukan berdasarkan kode DNV OS F-204 *Riser Fatigue*. Kode DNV OS F-204 *Riser Fatigue* merupakan kode dari Det Norske Veritas (DNV) yang membahas analisis praktis untuk memperhitungkan *fatigue* yang terjadi pada *riser* [2]. Berdasarkan DNV OS F-204 *Riser Fatigue* perhitungan untuk mendapatkan *fatigue damage* yang terjadi pada *riser* dapat dibagi menjadi dua tahapan, yaitu:

- Perhitungan beban *fatigue* akibat beban gelombang dan beban arus.

- Perhitungan beban *fatigue* akibat beban *vortex induced vibration (VIV)*.

Pada perhitungan beban *fatigue* ini dilakukan hanya perhitungan akibat beban gelombang dan beban arus. Perhitungan beban *fatigue* akibat beban gelombang dan beban arus akan mengacu pada perhitungan tegangan yang terjadi pada pipa *riser*. Perhitungan tegangan yang terjadi pada pipa berdasarkan DNV OS F-204 *Riser Fatigue* akan memperhitungkan *effective tension* dan *bend moment* yang terjadi pada pipa *riser*. Tahapan perhitungan yang dilakukan dalam menentukan umur *fatigue* dari *flexible riser* dapat dilihat pada *Flowchart 1*.

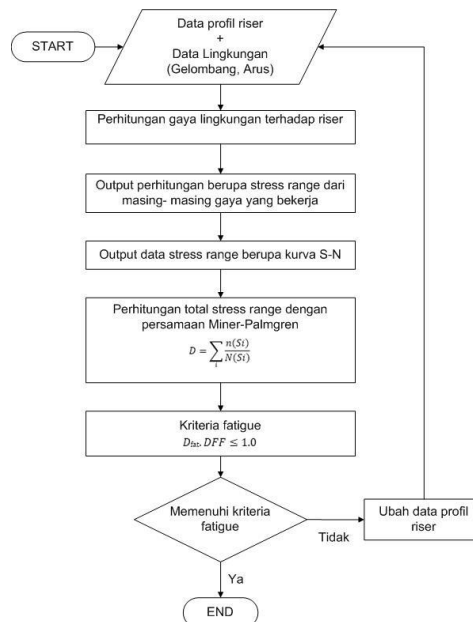
Perhitungan dilakukan untuk menghasilkan kurva S-N yang digunakan untuk mengidentifikasi umur *fatigue* dari *riser* tersebut. Berdasarkan DNV OS F-204 *Riser Fatigue*, maka kriteria *fatigue* yang didapat dari perhitungan harus memenuhi kriteria *fatigue* sebagai berikut:

$$D_{fat} \cdot DFF \leq 1.0$$

Dimana:

$D_{fat}$  : akumulasi *fatigue damage* (Palmgren-Miner rule)

$DFF$  : *Design Fatigue Factor* (pada perhitungan diambil nilai 10)



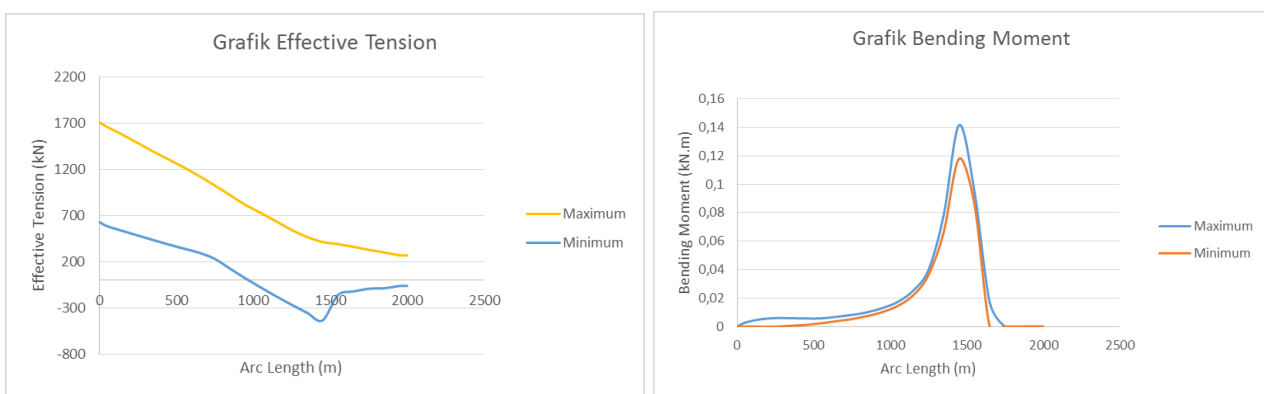
*Flowchart 1*. Tahapan perhitungan untuk menentukan umur *fatigue* dari *flexible riser*.

Perhitungan beban *fatigue* yang dilakukan akan memperhitungkan beban *fatigue* yang terjadi pada titik-titik tinjau pada *riser*. Pada perhitungan beban *fatigue* ini akan ditinjau dua titik yang rentan

terhadap *fatigue*, yaitu titik 0 (sambungan antara kapal dan *riser*), dan titik 1450 (daerah *touchdown point*) [3].

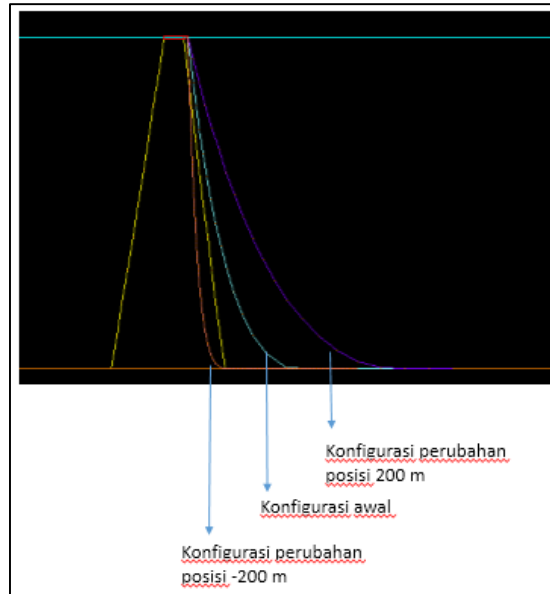
## HASIL DAN ANALISA

Perhitungan *damage* yang terjadi adalah memperhitungkan total *damage* yang terjadi selama masa layan (20 tahun). Pada perhitungan diasumsikan pemodelan selama 6 jam merepresentasikan kejadian yang sama selama 20 tahun. Dengan menggunakan *Design Safety Factor* sebesar 10 maka didapat nilai *damage* yang terjadi pada *riser* dengan melakukan penjumlahan *damage* yang terjadi pada *riser*. Didapat dari dua titik yang ditinjau (segmen 0 dan 1450) *damage* yang terbesar terjadi pada segmen 0. Gambar 1. memperlihatkan *range graph* dari *effective tension* dan *bend moment* yang terjadi pada *riser*. Grafik tersebut memperlihatkan rentang *effective tension* dan *bend moment* yang dapat terjadi pada suatu titik di pipa *riser*. Dari grafik dapat dilihat bahwa titik 0 memiliki nilai *effective tension* terbesar, sedangkan *bend moment* terbesar terdapat pada titik 1450.



Gambar 1. Nilai *range graph* dari *effective tension* dan *bend moment* yang terjadi pada *riser*.

Didapat dari perhitungan bahwa umur *fatigue* dari *flexible riser* tersebut adalah 501 tahun. Dilakukan beberapa perubahan konfigurasi *riser* untuk melihat beban *fatigue* yang terjadi apabila dilakukan perubahan konfigurasi. Gambar 2. memperlihatkan perubahan konfigurasi yang dilakukan.



Gambar 2. Pemodelan dengan perbedaan konfigurasi yang dilakukan.

Didapat dari perhitungan dengan konfigurasi yang diubah dengan posisi *wellhead* diubah dengan jarak 200 meter (skenario I) memiliki umur *fatigue* yang lebih pendek yaitu 371 tahun. Dilakukan juga perhitungan dengan konfigurasi lain, yaitu mengubah posisi *wellhead* lebih dekat 200 meter (skenario II). Didapat umur *fatigue* lebih panjang, yaitu 1341 tahun. Walaupun memiliki umur *fatigue* lebih panjang, konfigurasi ini tidak dapat dilakukan karena memungkinkan tidak memenuhi kriteria desain, khususnya kurvatur dari pipa. Tabel 1. memperlihatkan berbanding umur *fatigue* dari masing-masing konfigurasi.

Tabel 1. Nilai *damage* dan umur *fatigue* dari masing-masing konfigurasi.

Posisi awal			
Sambungan Vessel		Daerah TDP	
Damage SF	4,09885E-07	Damage SF	2,95161E-08
Fatigue Life (year)	501,30995	Fatigue Life (year)	6961,612837
Skenario I			
Sambungan Vessel		Daerah TDP	
Damage SF	5,52485E-07	Damage SF	2,47314E-07
Fatigue Life (year)	371,9184486	Fatigue Life (year)	830,8453851
Skenario II			
Sambungan Vessel		Daerah TDP	
Damage SF	1,53202E-07	Damage SF	3,90048E-10
Fatigue Life (year)	1341,230373	Fatigue Life (year)	526805,4864

Perhitungan ketiga konfigurasi memberikan nilai yang berbeda. Pada perhitungan skenario I, tegangan yang terjadi pada pipa *riser* akan meningkat dan pergerakan yang terjadi pada *riser* akan

lebih besar, sehingga dengan bertambahnya tegangan maka akan bertambahnya beban *fatigue* yang terjadi pada pipa. Sebaliknya, dengan konfigurasi skenario II, tegangan yang terjadi pada pipa *riser*, khususnya sambungan antara struktur terapung dan *riser* akan lebih kecil. Dengan sejajarnya antara *riser* dengan struktur terapung maka tegangan yang terjadi akibat perubahan posisi *riser* akan mengecil, akan tetapi bertambahnya tekukan pada daerah *touchdown point*.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Didapat dari perhitungan konfigurasi *riser* sesuai desain didapat umur *fatigue* untuk kondisi desain sebesar 501. Dilakukannya perubahan konfigurasi dari *riser* akan mempengaruhi *effective tension* dan *bend moment* yang terjadi pada *riser*. Dengan melakukan konfigurasi ulang dari *riser* dengan menambahkan jarak *FPSO* terhadap *wellhead* akan menambah nilai *effective tension* yang terjadi pada *riser*, khususnya sambungan antara *riser* dan *FPSO*. Dengan memendekkan jarak antara *FPSO* terhadap *wellhead* akan mengurangi nilai *effective tension* yang terjadi pada *riser* tetapi akan meningkatkan *compression* dan *bend moment* yang terjadi pada *Touchdown Point*. Dari perubahan konfigurasi *riser* didapat umur *fatigue* dengan konfigurasi yang diubah lebih pendek (371 tahun). Walaupun didapat nilai yang lebih pendek, kriteria umur *fatigue* terhadap masa layan *riser* (20 tahun) tetap terpenuhi. Pada konfigurasi lain didapat umur *fatigue* sebesar 1341 tahun, akan tetapi konfigurasi tersebut bisa tidak memenuhi kriteria desain, khususnya kurvatur pipa.

Pada perhitungan umur *fatigue* yang lebih detail dapat mencakup perhitungan dengan memperhitungkan beban dari *vortex induced vibration (VIV)*. Pada pemodelan ini digunakan nilai RAO kapal dari perangkat lunak kelautan. Penggunaan nilai RAO kapal sesuai spesifikasi yang diberikan kapal akan memberikan hasil yang lebih baik. Penggunaan konfigurasi *mooring* yang sesuai dengan gambar desain akan lebih merepresentasikan model sesuai dengan kondisi nyata.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. DNV, 2010, Dynamic Risers, DNV-OS-F201
2. DNV, 2010, Riser Fatigue, DNV-RP-F204
3. Gryta, G. 2011. "Fatigue of Flexible Riser in bend Stiffener Area". Norway: NTNU Trondheim.
4. Naess, A. Almar. 1999. Fatigue Handbook : Offshore Steel Structure. Norwegia: Trondheim.
5. SEÇİL A. 2004. " Fatigue Life Calculation By Rainflow Cycle Counting Method". Turkey: Middle East Technical University.