

PENGARUH PENGURANGA RISER CLAMP KETAHANAN FATIGUE LIFETIME PADA RANCANG BANGUN PIPELINE RISER

Nurul Annisa Rahmandita¹, Muhammad Anis Mustaghfirin², Arie Indartono³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: annisa.rahmandita96@email.com^{1*}

Abstract - On fabrication process of an offshore platforms project there was a difference between two pipeline riser designs. The difference between both designs are located on the reduction amount of riser clamp. That is why comparison analysis are needed to determine the reason why there are two different riser designs with different amount of riser clamps. The comparison performed in this paper is based on effective span length calculation and simulation based on the hydrodynamic loads on both riser designs with Ansys software. Simulation are performed with different phases of fluids, one-phase and two-phase. Based on the calculation results, riser B have better value of effective span length for most of the spans, while the entire span of design C did nor have the value that are needed. Based on simulations results, the span of riser design C is capable to restrain wave and current load better than riser design B. And for fatigue life value for both risers have the exact same value of 106 cycle despite the difference of design. Therefore, the reason behind the reduction of riser clamp is located on the resistance of riser design C against load and wind load, the constant value of fatigue life, and more economic material cost.

Keyword: riser, finite element method, wave load, current load, fatigue life

Nomenclature

CSF	Concrete Stiffness Factor
COV	Coefficient of Variation
k_c	Konstanta deformasi coating
E_c	Modulus Elastisitas Coating
I_c	Momen Inersia Coating
E	Modulus Elastisitas Pipa
I	Momen Inersia Pipa
L_{eff}	Efficient Span Length (m)
L	Actual Span Length (m)
K	Soil Stiffness
N	Fatigue Life (cycle)

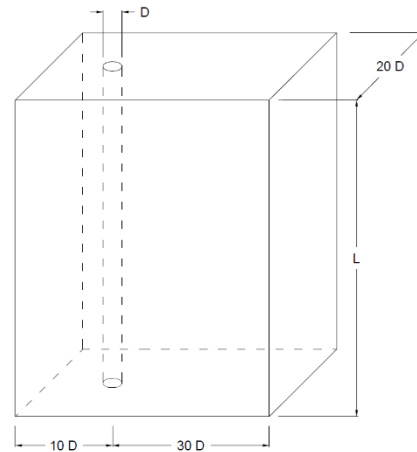
1. PENDAHULUAN

Sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang fabrikasi bangunan lepas pantai sedang dalam proses pengerjaan sebuah offshore platform. Untuk proses distribusi antar platform yang berada di lepas pantai dibutuhkan pipeline atau yang biasa juga disebut flowline. Dari satu platform ke platform lain dihubungkan oleh pipeline yang berada dibawah laut atau yang disebut subsea pipeline. Karena letak wellhead platform yang berada jauh diatas permukaan air, maka untuk menghubungkan sistem perpipaan pada topside platform dengan pipeline dibutuhkan riser. Buyon Guo menyatakan bahwa riser

didefinisikan sebagai bagian pipa vertikal atau near-vertical yang menghubungkan fasilitas pada topsides dengan subsea pipeline.[1] Riser memiliki berbagai jenis, terdapat flexible riser dan rigid riser. Pada penelitian ini yang digunakan adalah rigid riser yang telah diberi beberapa clamp yang akan bertumpu pada jacket-leg wellhead platform. Pada desain riser tersebut, terdapat perbedaan desain antara desain pipeline riser yang siap fabrikasi dan desain pipeline riser yang telah dilakukan perhitungan pada tahap desain. Dan perubahan yang terjadi bukanlah penambahan jumlah dari material, melainkan pengurangan pada jumlah flange dan riser clamp yang telah di kalkulasi di tahap desain awal. Fungsi dari riser clamp tersebut adalah untuk menahan beban dari internal dan eksternal pada riser. Maka dari itu diperlukan analisa untuk mengetahui alasan mengapa perlu adanya redesain pipeline riser yang memiliki jumlah riser clamp yang lebih minimum jika dibandingkan dengan desain pipeline riser yang telah di kalkulasi pada tahap desain awal.

Terdapat beberapa peneliti yang melakukan penelitian mengenai analisa pada riser. Yun, Zhi, & Lei melakukan penelitian terhadap prediksi numerik dan fatigue damage pada Steel Catenary

Riser dikarenakan *vortex-induced vibration*. [2] Beberapa kesimpulan ditarik, terutama fenomena penting yang terungkap yaitu *fatigue damage* maksimum pada *riser* biasanya terjadi di dekat area ujung batas/*boundary*. Pada tugas akhir ini penulis akan melakukan studi perbandingan antara dua buah desain dari *pipeline riser* yang berbeda dengan menggunakan metode perhitungan manual dan pemodelan. Dari segi perhitungan manual, penulis akan menghitung *effective span length* pada kedua desain *pipeline riser*, lalu melakukan analisa pemodelan terhadap masing-masing span dari kedua desain *pipeline riser* untuk mengetahui efek beban ekstremal terhadap deformasi, tegangan dan *fatigue life* pada masing-masing span.



Gambar 1 Geometri yang digunakan untuk Simulasi

2. METODOLOGI

Penelitian awal dilakukan dengan perhitungan manual nilai *effective span length* untuk kedua desain *riser*. Berdasarkan persamaan yang terdapat pada DNV RP F105, akan didapatkan nilai Panjang span maksimum (*maximum allowable span*) dengan memasukkan nilai span actual terlebih dahulu untuk kemudian dilakukan perbandingan dengan hasil span di akhir perhitungan. Ketika nilai span aktual lebih rendah daripada hasil perhitungan span diakhir perhitungan, maka nilai akhir yang diijinkan (*maximum allowable span*). Perhitungan dimulai dengan perhitungan nilai *Concrete Stiffness Factor* (CSF) dengan persamaan sebagai berikut [3]:

$$CSF = k_c \left(\frac{E_c \cdot I_c}{E \cdot I} \right)^{0.75} \quad (1)$$

Setelah mendapatkan nilai *Concrete Stiffness Factor* pada riser, maka dapat dilakukan perhitungan *effective span length* dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{L_{eff}}{L} = \frac{4.37}{-0.066\beta^2 + 1.02\beta + 0.63} \quad \text{untuk } \beta \geq 2.7 \quad (2)$$

$$\frac{L_{eff}}{L} = \frac{4.37}{0.036\beta^2 + 0.61\beta + 1} \quad \text{untuk } \beta < 2.7 \quad (3)$$

Untuk mendapatkan nilai β maka diperlukan perhitungan dengan persamaan berikut ini [3]:

$$\beta = \log_{10} \frac{K \cdot L^4}{(1+CSF) E_c I_c} \quad (4)$$

Agar dapat dilakukan perhitungan untuk nilai K, atau soil stiffness didapatkan dari DNV RP-F204 dari tabel berikut [4]:

Tabel 1 Nilai Soil Stiffness (K) menurut DNV RP-F204

Variable	Probabilistic Distribution	COV
Soil Stiffness	Lognormal	0.20 – 0.50

Setelah mendapatka nilai *effective span length*, penelitian dapat dilanjutkan dengan melakukan simulasi menggunakan software. Hal ini disebabkan tidak adanya standar yang mengakomodasikan untuk dilakukan perhitungan maupun analisa manual pada kasus yang akan diteliti. Sehingga untuk menyelesaikan rumusan masalah dalam penelitian ini harus menggunakan metode lain di luar scope dari standar. Metode yang digunakan adalah *Computational Fluid Dynamic* Selain itu pemodelan software juga menggunakan *Finite Element Method* dengan *software Static Structural*. Penggunaan metode ini mengacu pada jurnal-jurnal internasional yang telah dipublikasikan.

Di dalam penelitian ini terdapat beberapa kasus pemodelan yang berbeda satu sama lain dari segi fase fluida domain dan geometri. Simulasi *one phase* dilakukan pada semua bagian dari kedua desain riser. Sedangkan untuk simulasi *two-phase* hanya dilakukan pada *span length* pertama dari masing-masing desain karena adanya fluida eksternal yang berbeda, yaitu angin dan air laut. Beberapa kasus pemodelan tersebut dilakukan dua jenis pemodelan yang berbeda yaitu: Pemodelan aliran arus yang melalui *riser* pada masing-masing *span* menggunakan *software Ansys Fluent* dan pemodelan tegangan yang terjadi pada masing-masing *span riser* menggunakan *software Static Structural Ansys*. Geometri yang dimodelkan dalam simulasi berbentuk sebuah balok dipotong dengan sebuah pipa yang berada didalamnya. Balok tersebut berlaku sebagai fluida yang bergerak disekitar pipa. Untuk simulasi dengan fluida satu fase, geometri fluida mengalir melalui sepanjang gometri fluida dengan satu fase. Jika pada simulasi yang dilakukan untuk fluida dua fase gometri yang digunakan adalah sama, tetapi letak perbedaannya adalah pada saat melakukan setup pada *Ansys Fluent* yang akan dibahas pada bab ini. Jadi tidak hanya satu fluida saja yang tampak,

melainkan fluida tambahan yaitu angin dikarenakan letak dari desain riser. Ukuran dari balok tersebut memiliki panjang sebesar 40D (40 kali dari diameter pipa), lebar 20D (20 kali dari diameter pipa), dan tinggi sesuai panjang dari masing masing *actual span*.

Pada simulasi bagian ujung dari pipa bagian atas dan bawah diasumsikan sebagai *fixed-fixed support*. Simulasi pertama dilakukan terhadap 8 geometri yang hampir sama, perbedaannya terletak pada panjang masing-masing span dari desain B dan C yang jumlah totalnya berjumlah 8 span. Simulasi tersebut hanya menggunakan beban arus yang berupa fluida satu fase yang memiliki kecepatan beragam. Berikut adalah data panjang span dan kecepatan beban arus.

Tabel 2 Data Panjang Span dan Kecepatan Arus

Span Riser	Span Length (m)	Current Velocity (m/s)
Desain B	1 st	6.35
	2 nd	5.5
	3 rd	6
	4 th	5.802
	5 th	7.784
Desain C	1 st	11.85
	2 nd	11.803
	3 rd	7.784

Pada simulasi kedua dilakukan hanya kepada span pertama pada masing-masing desain riser. Pada simulasi dua fase yang dilakukan pada tugas akhir ini menggunakan *Open Channel Flow* pada *Ansys Fluent* untuk melihat efek ombak pada dua fluida yang terletak pada span yang sama, yaitu air laut dan udara. Sama seperti simulasi awal yang dilakukan pada satu fase, simulasi ini menggunakan *Ansys Fluent*. Letak perbedaan adalah pada setting *boundary condition* dan mode yang digunakan dalam *Ansys Fluent* tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari perhitungan nilai *effective span length* yang telah dilakukan berdasarkan persamaan (1) hingga (4), maka didapatkan nilai maximum allowable span pada kedua desain riser yang ditunjukkan pada tabel 3.

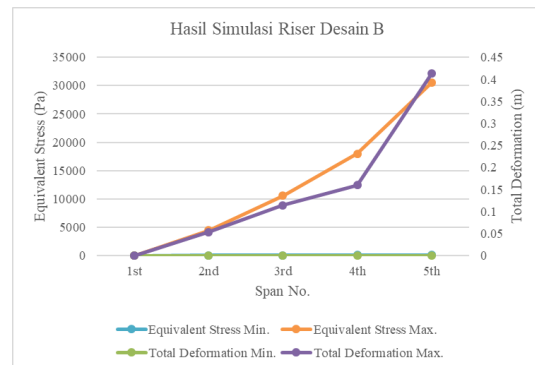
Tabel 3 Hasil Perhitungan Effective Span Length

Span	Actual Span Length (m)	Effective Span Length (m)
Desain B		
1 st	6.35	10.20
2 nd	5.5	9.4435
3 rd	6	7.641
4 th	5.802	9.64
5 th	7.784	-18.88
Desain C		
1 st	11.85	-12.786
2 nd	11.803	-12.51
3 rd	7.784	-28.63

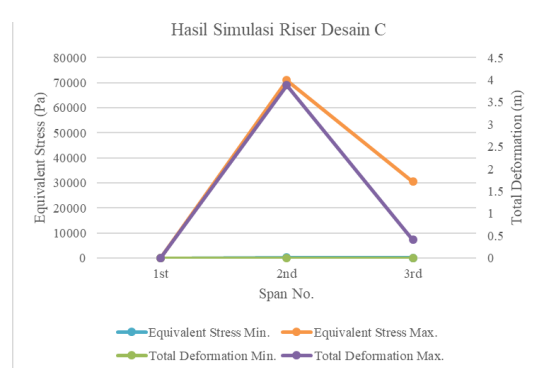
Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan *Effective Span Length*, dimana terdapat beberapa perbedaan pada desain B dan desain C. Hal ini ditunjukkan oleh hasil perhitungan *effective span length* yang lebih besar dari panjang span aktual. Pada tabel 3 ditunjukkan bahwa sebagian besar dari span pada desain B telah sesuai dengan panjang span efektif nya, kecuali pada span terakhir. Sedangkan pada desain riser C seluruh span nya tidak memenuhi ukuran span efektif.

Setelah dilakukan perhitungan manual, maka dilanjutkan dengan simulasi pertama yang dilakukan terhadap seluruh span pada kedua desain riser dengan total dilakukan delapan simulasi. Simulasi dilakukan berdasarkan pengaruh kecepatan arus pada span. Simulasi pertama menghasilkan hasil akhir berupa deformasi dan tegangan ekuivalen yang ditunjukkan pada gambar 2 dan 3.

Kedua grafik diatas menunjukkan hasil dari simulasi masing-masing span pada dua desain



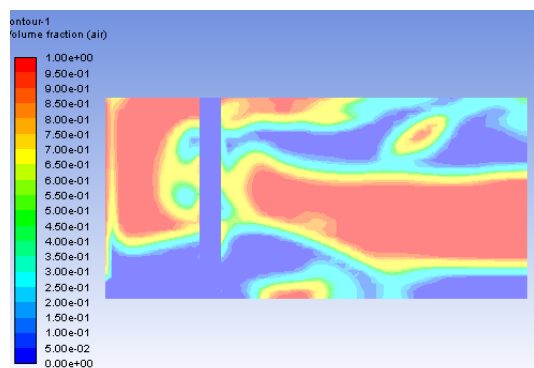
Gambar 2 Grafik Hasil Simulasi Riser Desain B



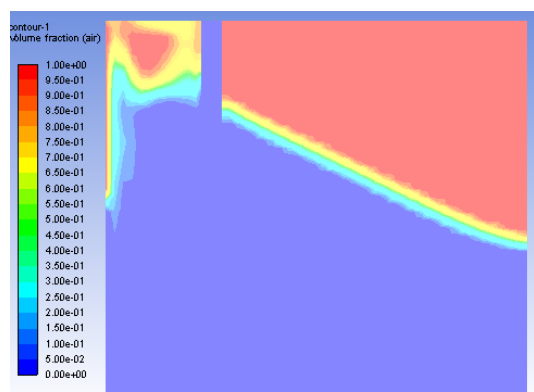
riser berbeda yang dilakukan pada *Static Structural*. Grafik diatas menunjukkan dua hasil simulasi, yaitu *Maximum Total Deformation* dan *Maximum Equivalent Stress*. Terlihat pada Gambar 2 bahwa kenaikan dari kecepatan arus memengaruhi deformasi dan tegangan pada *riser* secara stabil. Karena adanya kenaikan kecepatan arus bersamaan dengan posisi *riser* yang semakin dalam, maka deformasi dan tegangan pada masing-masing span juga meningkat secara sejajar. Sedangkan pada Gambar 3 terlihat bahwa terjadi kenaikan dan penurunan yang drastis antara ketiga span dari *riser* desain C. Pada

simulasi desain C menggunakan kecepatan arus yang semakin besar sesuai dengan letak kedalaman span, tetapi hasil dari simulasi menunjukkan bahwa riser desain C mengalami deformasi dan tegangan yang tidak stabil terhadap beban kecepatan arus.

Selanjutnya pada simulasi kedua yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *Open Channel Flow* pada *Ansys Fluent* untuk melihat efek ombak pada dua fluida yang terletak pada span yang sama, yaitu air laut dan udara. Sama seperti simulasi awal yang dilakukan pada satu fase, simulasi ini menggunakan *Ansys Fluent*. Letak perbedaan adalah pada *setting boundary condition* dan mode yang digunakan dalam *Ansys Fluent* tersebut. Menurut data geometri, riser desain C memiliki panjang span yang lebih panjang hampir dua kali dari panjang desain B. Tetapi untuk batas sea level yang dimiliki oleh masing-masing riser adalah sama. Letak batas air laut dan angin terletak pada ketinggian 4,85meter dari bagian riser paling atas. Maka dari itu menyisakan ruang untuk fluida air laut yang berbeda pada kedua desain riser. Pada desain B kedalaman dari fluida air laut adalah 1,5meter sedangkan desain C memiliki kedalaman yang lebih besar yaitu 7meter. Untuk tinggi dari ombak, didapatkan dari data spesifikasi lingkungan sebesar 3,9meter. Hasil dari simulasi ini adalah berbentuk *contour plot* yang ditampilkan pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4 Gambar Kontur Volume Fraction pada Desain B



Gambar 5 Gambar Kontur Volume Fraction pada Desain C

Pada kedua gambar diatas menunjukkan *hasil contour plot* pada desain B berupa *volume friction* dari kontak antara dua fluida yang terjadi kontak pada masing-masing span. Yaitu pergerakan volume dari kedua fluida yang berbeda dikarenakan adanya ombak. Dapat dilihat pada gambar diatas bahwa warna merah menunjukkan fluida angin sedangkan untuk warna biru menunjukkan fluida air laut.

Perbedaan antara kedua desain riser terletak pada panjang span dan sangat terlihat perbedaan yang sangat signifikan pada hasil *contour plot*. Pada desain riser B terlihat bahwa pengaruh ombak sangat besar terhadap perubahan volume dari kedua fluida yang tidak teratur setelah ombak melewati riser. Sedangkan pada desain riser C terlihat bahwa meskipun ombak telah melewati riser tetapi volume dari kedua fluida angin dan air laut sangat teratur dibandingkan dengan desain riser B.

Pada tahap akhir analisa perbandingan antara dua desain riser, dilakukan perbandingan *fatigue life* yang dilakukan pada tahap akhir pada *Static Structural*. Pada *Static Structural* terdapat hasil *fatigue life* dalam nilai *cycles*. Menurut Qianfan Xin, yang dimaksud dengan *fatigue life* atau yang biasa disebut “N” adalah jumlah siklus (*cycle*) yang dapat ditahan oleh suatu material sebelum terjadi kegagalan[5]. Terdapat grafik yang digunakan untuk menentukan hasil dari *fatigue life* yang biasa disebut *S-N Curve*. Pada simulasi yang dilakukan pada *Static Structural* didapatkan hasil *S-N Curve* berdasarkan simulasi dengan menggunakan *Fatigue Tool-Life* yang menghasilkan nilai dari *fatigue life*.

Pada hasil simulasi menggunakan *fatigue tool*, hasil dari *fatigue life* menunjukkan hasil nilai 10^6 *cycle* pada masing-masing span pada kedua desain riser yang berbeda. Jadi dapat disimpulkan dalam hasil *fatigue life*, perbedaan desain berupa pengurangan riser clamp tidak berpengaruh terhadap ketahanan *fatigue life* riser.

4. KESIMPULAN

Dari analisa perbandingan yang telah dilakukan baik dari segi perhitungan manual ataupun *software*, dapat disimpulkan bahwa riser desain B memiliki faktor keamanan yang lebih besar dibandingkan dengan riser desain C jika menurut perhitungan *effective span length* dan simulasi satu fase. Tetapi desain C memiliki keunggulan dalam ketahanan terhadap beban ombak yang akan terjadi pada kondisi asli di lapangan yaitu yang telah dilakukan pada simulasi dua fase. Dan untuk hasil dari *fatigue life* kedua desain yaitu 10^6 *cycle*. Menunjukkan bahwa perbedaan desain dalam bentuk pengurangan riser clamp tidak berpengaruh pada ketahanan *fatigue lifetime*. Oleh karena itu, didapatkannya alasan dibalik pengurangan jumlah riser clamp terletak pada

ketahanan desain C terhadap beban ombak dan udara, nilai *fatigue life* yang konstan, dan biaya pengerjaan yang lebih ekonomis. Maka dari itu, tidak diperlukannya optimasi desain terhadap desain riser.

5. PUSTAKA

- [1] Guo, B., Song, S., Ghalambor, A., & Lin, T. R. (Waltham). *Pipeline Riser Design. Offshore Pipelines*. 2013: Gulf Profesional Publishing.
- [2] Yun, G., Zhi, Z., & Lei, S. (2010). Numerical Prediction of Fatigue Damage in Steel Catenary Riser due to Vortex-Induced Vibration. *Journals of Hydrodynamics*.
- [3] Det Norske Veritas. (2006). *Free Spanning Pipelines DNV RP-F105*. Norway: DNV.
- [4] Det Norske Veritas. (2010). *Riser Fatigue DNV RP-F204*. Norway: DNV.
- [5] Xin, Q. (2013). *Durability and Reliability in Diesel Engine System Design. Diesel Engine System Design*, 113-202.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)