

Studi kasus Pengaruh Vortex Induce Vibration (VIV) pada Freestanding Drilling Conductor SAKA Energi Sesulu

Feasability study Vortex Effect induce Vibration (VIV) on Freestanding Energy Drilling Conductor SAKA Sesulu

Augusta Adha

Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru-28284

Abstrak

Salah satu fase terpenting dalam proses eksplorasi minyak dan gas bumi adalah pengeboran sumur uji coba untuk mengetahui kandungan hidrokarbon pada sebuah reservoir minyak bumi dan gas. Arus laut dapat menyebabkan terjadinya VIV pada drilling conductor yang berujung pada terhambatnya operasi pengeboran atau kegagalan struktur akibat fatigue pada pipa conductor. Pada kondisi drilling test well, pipa conductor untuk test well harus diperlakukan sebagai struktur freestanding yang hanya mendapatkan kekangan arah lateral dari *Texas Deck* pada Drilling Rig pada bagian atas conductor. Paper ini akan menjelaskan metode yang dapat dipakai untuk melakukan analisa terhadap kemungkinan terjadinya VIV pada freestanding conductor. Studi kasus dilakukan pada struktur drilling conductor milik SAKA Energi Sesulu berdiameter 762 mm dengan tinggi 67.4 m. Analisa dilakukan dengan mempertimbangkan beban lingkungan pada kondisi servis dengan periode ulang beban gelombang 1 tahun dan kondisi storm dengan periode ulang beban gelombang 100 tahun. Berdasarkan analisa dinamik, dapat disimpulkan periode getar alami struktur untuk Mode 1 adalah 2.00 sec dan Mode 2 adalah 0.594. Dengan menggunakan hasil analisa dinamik tersebut pada analisa VIV berdasarkan kriteria yang disyaratkan pada peraturan DNV RP-C205 dapat disimpulkan bahwa in-line vortex vibration terjadi untuk mode 1 dan mode 2. Oleh karena itu, perlu diambil tindakan preventif untuk mencegah terjadinya kegagalan fatigue pada struktur conductor tersebut.

Kata kunci: *VIV, Conductor, Offshore, Periode getar alami, Vortex shedding*

Abstract

One of the most important phases in the of oil and gas exploration process is drilling the test wells to determine the hydrocarbon content in an oil and gas reservoir. Ocean currents can cause VIV on drilling conductors which resulted in delays or structural failure in drilling operations due to fatigue in the conductor. During drilling a test well, test well conductor should be treated as a freestanding structure which is only laterally restraint from the Texas Deck on Drilling Rig at the top of the conductor. This paper will describe a method that can be used to analyze the possibility of VIV on freestanding conductor. The case studies carried out on the structure of conductor-owned drilling SAKA Energy Sesulu 762 mm in diameter with a height of 67.4 m. The analysis was performed by considering the environmental load on the service conditions with a return period of 1 year and wave loads storm conditions with a return period of 100 years wave loads. Based on dynamic analysis, we can conclude the natural period for the structure is 2.00 sec and 0.594 for Mode 1 and Mode 2 respectively. Using the results of the dynamic analysis on VIV based on the criteria from DNV RP-C205, it can be concluded that the in-line vortex vibration occurs for mode 1 and mode 2. Therefore, it is necessary to take preventive measures to prevent the occurrence of fatigue failure in the conductor.

Key word: *VIV, Conductor, Offshore, Natural Period, Vortex shedding*

PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi pengeboran lepas pantai, eksplorasi migas tidak lagi terbatas hanya pada area laut dangkal saja. Namun, kini eksplorasi migas telah berkembang ke arah perairan dalam. Aplikasi pengeboran lepas pantai di area laut dalam memerlukan bangunan lepas-pantai dengan komponen struktur yang makin panjang dan langsing. Konsekuensinya struktur menjadi makin ramping dan fleksibel yang rentan terhadap getaran dan gaya luar.

Secara umum beban lingkungan akibat gelombang laut dan arus laut memberikan beban dinamik primer kepada struktur. Namun, berdasarkan penelitian lebih lanjut ditemukan fenomena beban dinamik sekunder yang dapat menimbulkan getaran dengan frekuensi yang cukup signifikan. Getaran ini kemudian dikenali sebagai akibat fenomena Vortex shedding, yaitu getaran yang timbul akibat peristiwa pelepasan aliran vortex yang disebut sebagai **Vortex-induced Vibration**, atau sering dis-

ingkat VIV. Getaran vortex yang persisten pada struktur dapat mempengaruhi umur lelah struktur. Osilasi pada struktur biasanya bergerak sejajar (in line) dengan arah aliran, tetapi juga bisa bergerak tegak lurus terhadap arah aliran, tergantung pada kecepatan arus dan panjang span (Guo, 2005). Berikut ini adalah pengklasifikasian jenis osilasi (Naess, 1985):

- Osilasi In-Line Flow
- Osilasi Cross Flow

METODE PENELITIAN

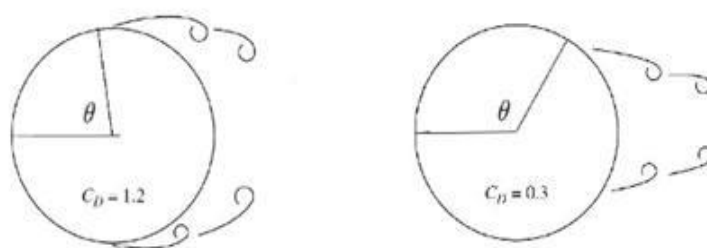
Dasar Teori

Parameter VIV

Parameter-parameter yang penting dalam analisa VIV pada conductor adalah sebagai berikut:

a. Gaya *drag* dan *inertia*

Gaya drag dihasilkan dari friksi antara dinding struktur dengan partikel fluida. Friksi tersebut akan menghasilkan pengurangan kecepatan partikel pada sisi terdekat dengan dinding struktur.



Gambar 1. Jenis pelepasan vortex berdasarkan C_d

Persamaan untuk gaya *drag* adalah sebagai berikut:

$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_D U |U|$$

Dimana:

ρ = masa jenis fluida (kg/m^3)

C_D = koefisien *drag*

U = kecepatan efektif partikel (m/s)

Sementara gaya inersia merupakan besarnya gaya yang dibutuhkan untuk memindahkan fluida akibat adanya *free body* struktur tersebut.

Persamaan untuk gaya inersia adalah sebagai berikut:

$$F_I = \frac{\rho}{g} C_m \left(\frac{\pi}{4} D^2 \right) \frac{du}{dt}$$

Dimana:

ρ = masa jenis fluida (kg/m³)

C_D = koefisien inersia

du/dt = percepatan horizontal partikel (m/sec²)

b. Added Mass (m_a) dan redaman (ζ)

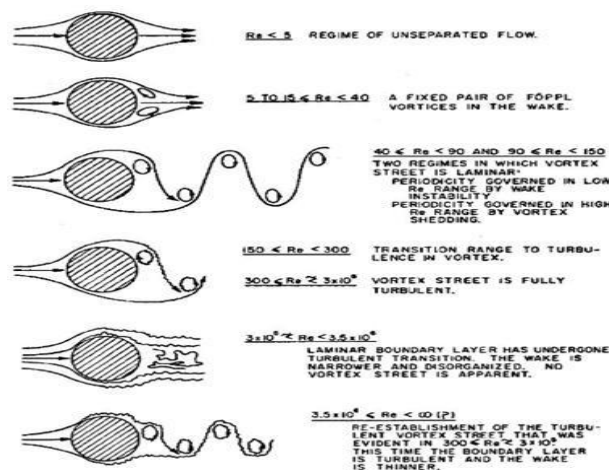
Added Mass merupakan salah satu parameter yang penting untuk menentukan periode getar alami struktur. Pada struktur yang diam added mass dapat disamakan dengan jumlah partikel air yang dipindahkan oleh free body struktur. Untuk struktur yang mengalami VIV, penentuan add-

ed mass menjadi lebih sulit karena getaran struktur menyebabkan volume partikel air yang dipindahkan oleh struktur yang bergetar menjadi sulit untuk diperhitungkan secara akurat. Namun demikian, dengan mengambil sebuah parameter yang terkait dengan kondisi aliran pada area di sekitar struktur (Ca), maka added mass secara matematis dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$m_a = \rho_f C_a \pi r^2$$

c. Vortex shedding

Vortex shedding merupakan pelepasan aliran vortex yang berbentuk aliran yang unsteady akibat adanya perbedaan kecepatan aliran pada area di sekitar permukaan struktur. Vortex shedding tergantung pada angka Reynolds yang mendefinisikan proses pelepasan vortex dan angka Strouhal ($S_t = f_s D/U$) yang menentukan frekuensi pelepasan vortex



Gambar 2. Skema Vortex Shedding terhadap angka Reynolds

Pada analisa terhadap subjek struktur pada paper ini, didapatkan hasil angka Reynold untuk drilling conductor adalah 0.65 yang berarti aliran vortex berada pada kondisi aliran yang terpecah atau turbulen.

d. *Reduced Velocity* (V_r)

Reduced velocity merupakan parameter yang menggambarkan kecepatan getar struktur yang menjadi awal terjadinya VIV. *Reduced velocity* harus ditentukan untuk setiap mode dinamik struktur. *Reduced velocity* dirumuskan dengan persamaan matematis berikut:

$$V_r = \frac{U}{f_o D}$$

Dimana:

U = kecepatan aliran bebas

D = diameter silinder conductor

f_o = frekuensi alami struktur

Parameter kestabilan merupakan salah satu parameter terpenting dalam analisa struktur akibat VIV.

$$K_s = \frac{2M_e \delta_s}{D^2}$$

Dimana:

K_s = Parameter kestabilan

M_e = massa efektif pipa (kg/m)

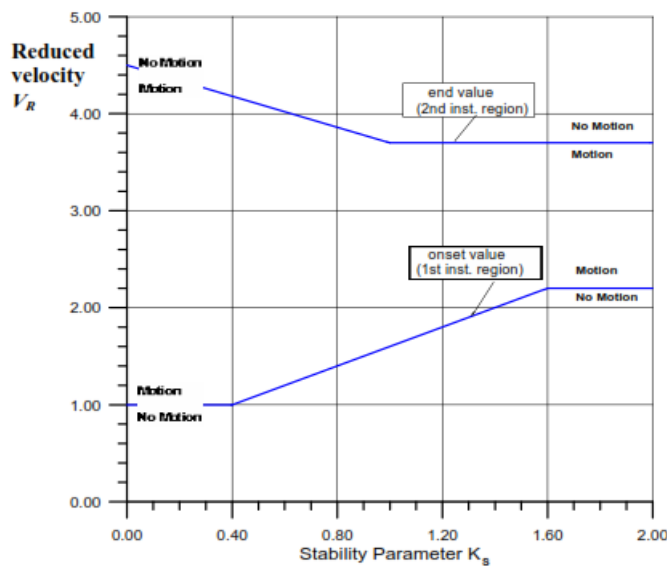
δ_s = logarithmic decrement (0.125)

ρ = density air laut (kg/m³)

D = diameter luar pipa (m)

Hubungan antara Reduced Velocity dan Parameter Kestabilan menurut DNV RP C205 dapat ditunjukkan dengan grafik berikut:

Parameter kestabilan (K_s)



Gambar 3. Grafik V_r vs K_s (DNV, 2010)

Analisa struktur

Untuk mengetahui efek VIV pada struktur, maka perlu dilakukan analisa karakteristik dinamik struktur. Karakteristik dinamik pada struktur seperti

mode shape dan periode getar alami struktur dapat analisa dengan menggunakan formula yang diajukan oleh Blevin (Blevin, 1979):

$$f_i = \frac{a_i^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{EI}{M_E}}$$

Dimana:

E = modulus elastisitas

I = momen inersia penampang

M_E = massa efektif

a_i = parameter dinamik untuk mode ke-i
 untuk 5 mode pertama, nilai a_i adalah sebagai berikut:

Beban Lingkungan

Berdasarkan peraturan DNV RP C205 (Environmental Conditions and Environmental Loads) sebagai berikut:

“When detailed field measurements are not available, the var-

iation in shallow of tidal current velocity water with depth may be modelled as a simple power law, assuming uni-directional current”

$$V_{c,tide}(z) = V_{c,tide}(0) \left(\frac{d+z}{d} \right)^\alpha \rightarrow z \leq 0$$

Dimana:

$V_{c,tide}(z)$ = Kecepatan arus pada elevasi z

$V_{c,tide}(0)$ = Kecepatan arus pada elevasi SWL

d = jarak dari dasar laut ke SWL

z = jarak dari elevasi yang ditinjau ke SWL

α = Exponensial

Mengambil nilai α dengan rumusan sebagai berikut:

$$\alpha = \left(\frac{d+z}{d} \right) \sqrt{\frac{V_{c,tide}(z_e)}{V_{c,tide}(z_i)}}$$

maka persamaan untuk menghitung kecepatan arus pada elevasi z adalah:

$$V_{c,tide}(z) = V_{c,tide}(0) \left(\frac{d+z}{d} \right) \rightarrow z \leq 0$$

pada subjek penelitian paper ini, data kecepatan arus adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data kecepatan arus

Elevation		Current Velocity		Return Period
(m)	(ft)	(m/sec)	(ft/sec)	
50.00	164.04	0.90	2.95	1 YEAR
0.00	0.00	0.70	2.30	
50.00	164.04	1.20	3.94	100 YEAR
0.00	0.00	1.00	3.28	

*elevasi di hitung dari *mudline*

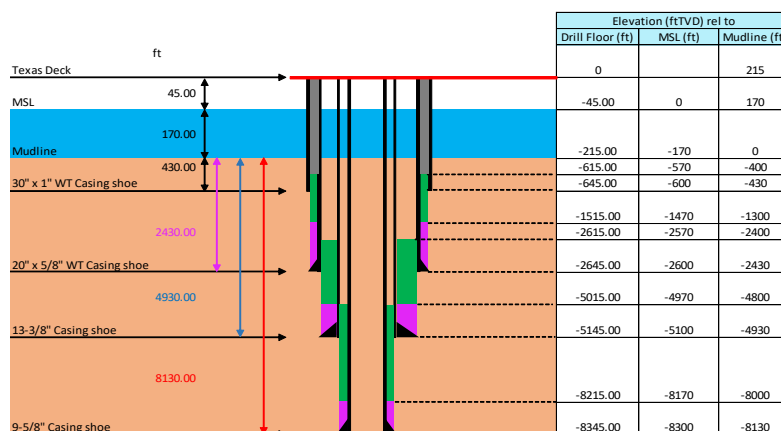
Studi kasus

Sebuah drilling conductor milik SAKA Energi Sesulu berdiameter 762 mm (30 inch) dengan tinggi 67.4 m. Conductor

tersebut terdiri dari 3 casing meliputi 20 inch, 13 3/8 inch, dan 9 5/8 inch. Beban *surface equipment* pada conductor adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Beban surface equipment

Surface Equipment	Weight	
	Tonne	kN
BOP 20-3/4"	39.916	391.577
BOP 13-5/8"	28.123	275.884

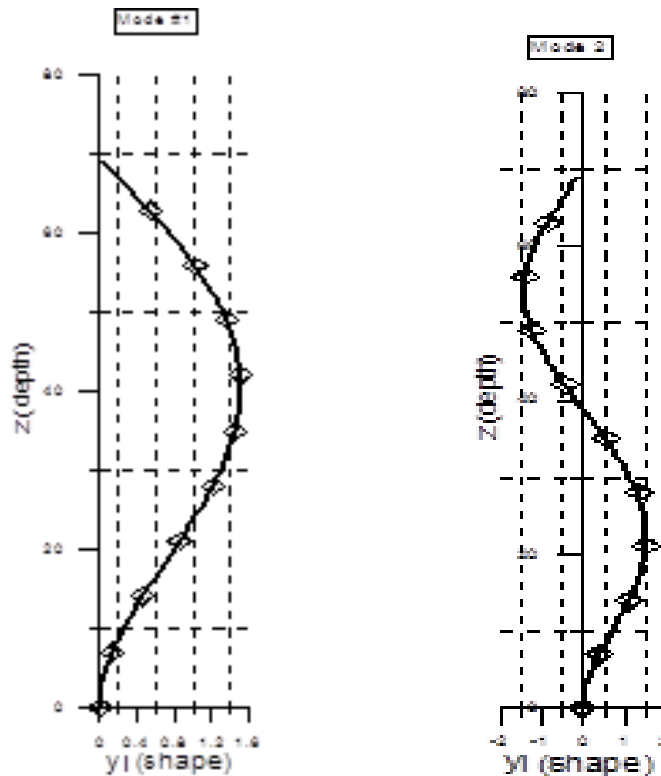


Gambar 4. Skema instalasi *conductor* dan *casing*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan informasi pada Gambar 4, maka didapatkan massa total *casing* yang disalurkan ke *conductor* adalah 4.817,71 kN. Sementara, massa total struktur per unit panjang adalah 898,20 kg/m. Kekakuan struktur conductor adalah 7.98×10^5 kNm².

Merujuk pada data awal, maka analisa dinamik terhadap conductor objek studi menghasilkan periode getar alami struktur untuk Mode 1 adalah 2.00 sec dan Mode 2 adalah 0.594. Menggunakan formula dari Blevin (Blevin, 1979), untuk Mode shape 1 dan 2 dapat dijelaskan pada Gambar 5



Gambar 5. Mode shape #1 dan #2

Berdasarkan hasil parameter penentuan VIV diatas, maka didapat hasil seperti tabel berikut:

Mode 1		
V_R	(Reduced Velocity at 1 yr RP)	2.365449
K_s	(Stability Parameter)	0.848251
V_R	(Reduced Velocity at 100 yr RP)	3.153931
K_s	(Stability Parameter)	0.848251
Mode 2		
V_R	(Reduced Velocity at 1 yr RP)	0.702105
K_s	(Stability Parameter)	0.784773
V_R	(Reduced Velocity at 100 yr RP)	0.93614
K_s	(Stability Parameter)	0.784773

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa VIV pada drilling conductor SAKA Energi Sesulu, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisa VIV pada conductor untuk kondisi beban lingkungan dengan *Return Period* 1 tahun menemukan bahwa nilai V_R dan K_s untuk mode 1 dan mode 2 pada Gambar 3 be-

- rada pada area dimana in-line vortex vibration telah terjadi.
2. Plotting nilai VR dan Ks untuk struktur conductor yang mengalami beban lingkungan dengan *Return Period* 100 tahun memperlihatkan bahwa in-line vortex vibration terjadi pada struktur.
 3. *Vortex vibration* dapat menyebabkan pengurangan umum kelelahan material. Berdasarkan hasil analisa didapatkan bahwa *vortex vibration* terjadi pada struktur untuk setiap jenis pembebanan. Oleh karena itu, struktur drilling conductor perlu di pasang support lateral tambahan untuk mengurangi free span.
- Naess, A. A. (1985). *Fatigue Handbook Offshore Steel Structure*. Trondheim.

Daftar Pustaka

- Blevin, R. (1979). *Formula For Natural Frequency And Mode Shape*. New York: Van Norstrand Reinhold Company.
- DNV. (2010). *Recommended Practice C205*. Norway: DNV.
- Guo, B. (2005). *Offshore Pipeline*. Burlington: Gulf Professional Publisher.