

Analisis Reliabilitas Untuk Kasus On-bottom Stability Pada Pipa Bawah Laut

Eddy Gunawan

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan, FTSL, ITB

Eddy.azt@gmail.com

Kata Kunci: *On-bottom stability, Reliabilitas, Monte Carlo, Probability of Failure*

ABSTRAK

Dengan mempertimbangkan bahwa suatu jaringan pipa adalah konstruksi yang rumit dan mahal maka untuk itu suatu instalasi jaringan pipa harus memiliki kehandalan / reliabilitas untuk dapat digunakan dalam jangka waktu yang telah ditentukan sesuai dengan masa layannya. Analisis reliabilitas pada pipa bawah laut salah satunya dapat dilakukan dengan meninjau masalah kestabilan pipa di dasar perairan baik dengan menggunakan metode numerik maupun analitik dengan hasil *output* berupa nilai *probability of failure* dimana dalam laporan ini nilainya berdasarkan standar DNV RP-F107 berada pada kriteia 1 (*low*).

PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya kegiatan eksplorasi dan eksploitasi yang makin marak di daerah lepas pantai maka metode pengiriman dengan menggunakan pipa dianggap lebih handal dan murah. Keandalan metode ini salah satunya karena tidak terpengaruh cuaca, baik terjadi badai ataupun

tidak, pengiriman minyak dan gas tidak akan mengalami gangguan. Kelebihan lain adalah biaya operasional yang murah, investasi mahal hanya pada saat penginstalan pertama dan bersifat jangka panjang.

Proses desain pipa bawah laut salah satunya berbicara tentang perhitungan analisis on-bottom stability. Analisis ini berhubungan langsung dengan berat terendam pipa, gaya-gaya lingkungan yang mengenai pipa, dan ketahanan tanah dasar laut. Analisis ini dilakukan agar pipa tahan terhadap beban dan gaya-gaya lingkungan yang mengenai pipa selama masa instalasi, hydrotest, maupun masa operasional.

Tidak dapat dipungkiri bahwa dalam masa operasinya pipa bawah laut akan menghadapi berbagai tantangan baik dari lingkungan maupun manusia sendiri. Untuk itu suatu instalasi jaringan pipa harus memiliki keandalan / reliabilitas untuk dapat beroperasi selama masa layannya.

Pada tugas akhir ini dilakukan perhitungan analisis reliabilitas pada suatu pipa bawah laut untuk melihat *probability of*

failure dari pipa dengan menggunakan 1 variabel acak berupa arus dan ruang lingkup pembahasan sebagai berikut:

- Perhitungan analisis stabilitas pipa bawah laut berdasarkan standar DNV RP-F109 *On-bottom Stability Design of Submarine Pipelines* 2010.
- Perhitungan *probability of failure* pipa secara numerik dengan simulasi *Monte Carlo*.
- Perhitungan *probability of failure* pipa dengan menggunakan cara analitik.

ON-BOTTOM STABILITY

Perhitungan kestabilan pipa di dasar perairan berdasarkan DNV RP-F109 meliputi perhitungan *vertical stability* dan *absolute lateral static stability method*.

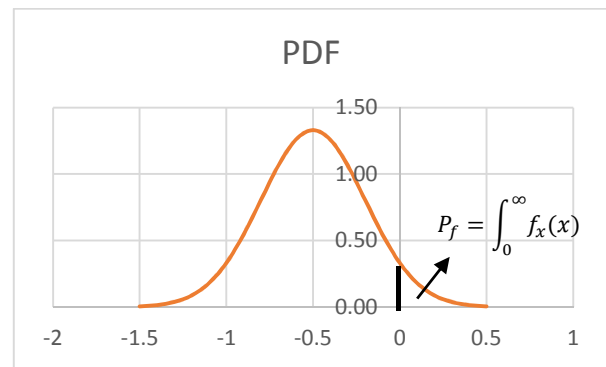
Perhitungan *vertical stability* dilakukan untuk menghindari pipa melayang (*float*) di dalam air. Sementara *absolute lateral static stability method* digunakan untuk memastikan bahwa pipa memiliki nilai statis mutlak untuk stabilitas arah lateral. Tujuan akhir dari kedua kriteria perhitungan ini adalah untuk mendapatkan nilai tebal *concrete coating minimum* yang dibutuhkan oleh pipa agar stabil di dasar perairan.

Nilai tebal *concrete coating minimum* untuk desain pipa dalam kasus ini adalah sebesar 130mm dimana pada perhitungan terlihat bahwa nilai kestabilan ini lebih

dipengaruhi oleh faktor interaksi antara tanah terhadap pipa.

METODE ANALITIK

Jika kita memiliki suatu fungsi distribusi PDF, $f_x(x)$, dengan kriteria jika nilai $x \geq 0$ dikatakan gagal, maka dapat kita katakan bahwa nilai *probability of failure* dari fungsi tersebut adalah sama dengan luas dibawah kurva area ≥ 0 seperti pada **gambar 1**.



Gambar 1 Sketsa *Probability of Failure* dengan PDF

Selanjutnya, jika kita memiliki suatu fungsi performansi, $Y = g(X)$ Dimana $g(X)$ adalah suatu fungsi dengan X adalah variabel yang terdistribusi dalam suatu fungsi PDF. Maka kita dapat mencari fungsi distribusi dari Y dengan menggunakan persamaan berikut.

$$f_y(y) = f_x(g^{-1}) \left| \frac{dg^{-1}}{dy} \right| \quad (1)$$

Persamaan tersebut dapat digunakan untuk mencari fungsi distribusi dari Y , jika hanya terdapat satu variabel acak dalam fungsi Y . Maka dengan mengetahui fungsi distribusi dari Y , kita dapat menghitung nilai *probability*

of failure dari Y dengan menggunakan luasan area dibawah kurva PDF Y.

Didapatkan hasil dari perhitungan *probability of failure* dengan metode analitik pada laporan ini adalah sebesar $1,692 \times 10^{-8}$.

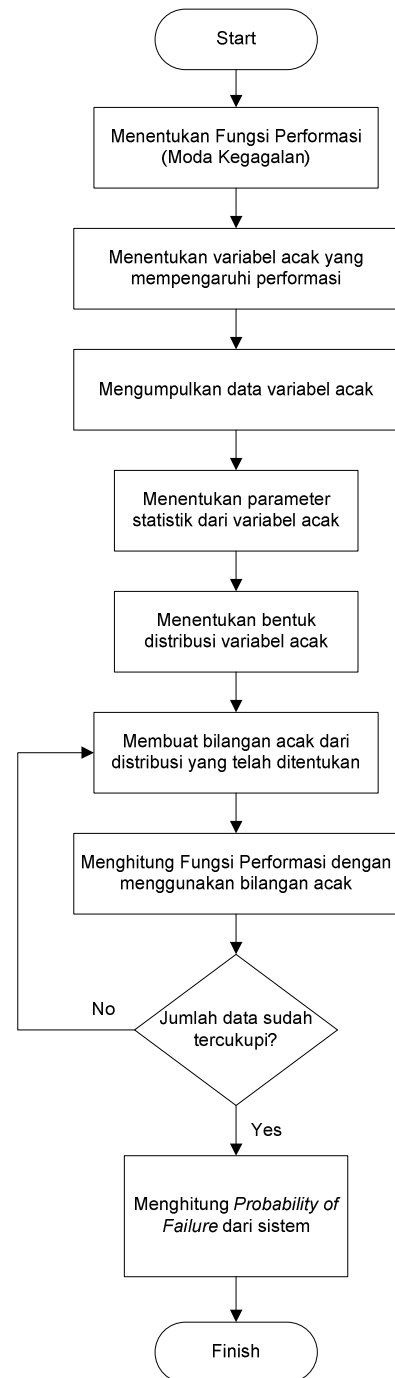
METODE NUMERIK

Pada dasarnya pengerjaan metode numeric pada laporan ini adalah menggunakan simulasi *Monte Carlo* dengan menggunakan PDF *Weibull* untuk variabel acak berupa kecepatan arus. PDF kecepatan arus ini nantinya yang akan digunakan sebagai pembangkit *random number* yang akan digunakan dalam proses perhitungan.

Metode Simulasi *Monte Carlo* adalah suatu metode untuk mengevaluasi suatu model deterministik yang melibatkan bilangan acak sebagai salah satu input. Metode ini sering digunakan jika model yang digunakan cukup kompleks, non linear atau melibatkan lebih dari sepasang parameter tidak pasti. Sebuah simulasi *Monte Carlo* dapat melibatkan 10.000 evaluasi atas sebuah model, suatu pekerjaan yang di masa lalu hanya bisa dikerjakan oleh sebuah software komputer.

Pada perhitungan simulasi *Monte Carlo* ini digunakan bantuan dari software MATLAB untuk mempermudah perhitungan.

Secara garis besar tahapan yang dilakukan pada simulasi *Monte Carlo* dapat dilihat pada **gambar 2** berikut ini:



Gambar 2 Flowchart Monte Carlo

Didapatkan hasil dari perhitungan *probability of failure* dengan metode numerik untuk seratus juta kali perulangan pada laporan ini adalah sebesar $5,4 \times 10^{-7}$.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai tebal lapisan beton minimum agar pipa stabil di dasar perairan berdasarkan perhitungan standar DNV RP-F109 *On-bottom Stability Design of Submarine Pipelines* 2010 adalah sebesar 130mm.
- Nilai probability of failure dari pipa dengan perhitungan secara numerik untuk seratus juta kali perulangan adalah sebesar $5,4 \times 10^{-7}$.
- Nilai probability of failure dari pipa dengan perhitungan secara analitik adalah sebesar $1,692 \times 10^{-8}$.
- Baik secara numeric maupun analitik pipa memiliki *probability of failure* dengan orde lebih kecil dari 10^{-5} . Berdasarkan kriteria standar DNV RP-F107 *Risk Assessment of Pipeline Protection* pipa memiliki kriteria 1 (*low*) dimana artinya kejadian kegagalan terjadi dalam frekuensi yang sangat kecil atau sangat jarang untuk terjadi sehingga dapat diabaikan. Untuk itu pipa dikatakan akan dapat bertahan selama masa layannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ang, Alfredo H-S. 2007. *Probability Concepts in Engineering – Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering*, 2nd Edition. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Veritas Offshore Technology and Services A/S. 2010. *DNV RP-F107 Risk Assessment of Pipeline Protection*.
- Veritas Offshore Technology and Services A/S. 2010. *DNV RP-F109 On-bottom Stability Design of Submarine Pipelines*.