

DESAIN DAN ANALISIS BENTANG BEBAS (*FREE SPAN*) PIPA GAS BAWAH LAUT DI KAWASAN ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA

Melita Nadya¹⁾, Rildova²⁾

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan, FTSL, ITB

melitanadya15@gmail.com¹⁾, rildova@ocean.itb.ac.id²⁾

Kata Kunci:

free span statik, *free span* dinamik, *on bottom stability*, pipa bawah laut, *wall thickness*.

ABSTRAK

Jaringan pipa bawah laut merupakan salah satu komponen penting dalam bidang minyak dan gas lepas pantai. Pipa bawah laut dapat digunakan sebagai media untuk mentransportasikan minyak dan gas bumi dari sumbernya ke fasilitas-fasilitas pengolahan yang ada. Desain pipa bawah laut sangat penting untuk dilakukan dengan benar dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Perencanaan pipa bawah laut meliputi ketebalan dinding pipa, kestabilan lateral dan vertikal dan penentuan bentang bebas pipa (*free span*). Bentang bebas pipa (*free span*) adalah suatu bentang pada pipa yang menyebabkan ruang kosong antara pipa dengan dasar laut. Bentang bebas pada pipa bawah laut penting untuk diketahui agar pipa tidak mengalami kegagalan baik itu akibat fenomena VIV yang dapat berujung pada kegagalan *fatigue* maupun akibat pembebanan statik dari beban pipa itu sendiri. Bentang bebas pipa bawah laut dianalisis berdasarkan standar yang sudah ditetapkan, yaitu DnV RP F105 Free Spanning Pipelines. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi panjang bentang bebas pipa, seperti faktor material dan berat pipa sendiri dan faktor-faktor hidrodinamika seperti gelombang dan arus. Sebelum menghitung bentang bebas, harus dipastikan bahwa ketebalan dinding pipa (*wall thickness*) dan kestabilan pipa secara vertikal dan lateral (*on bottom stability*) telah memenuhi kriteria desain. Panjang bentang bebas statik yang terjadi pada pipa biasanya lebih panjang dari panjang bentang bebas dinamik. Panjang bentang bebas dinamik yang terlampaui kecil biasanya akan memperbesar kemungkinan pipa untuk mengalami *fatigue*.

PENDAHULUAN

Secara umum, jaringan pipa bawah laut berfungsi untuk mentransportasikan fluida konten dari sumbernya ke fasilitas pengolahan yang ada. Terkait hal ini, sangat penting untuk mendesain

jaringan pipa bawah laut yang aman dalam berbagai kondisi. Untuk itu, dalam Tugas Akhir ini, akan dibahas perencanaan pipa bawah laut dimulai dari menentukan ketebalan dinding pipa, kestabilan vertikal dan lateral, serta bentang bebas statik dan dinamis yang terjadi pada pipa bawah laut.

TEORI DAN METODOLOGI

Desain pipa bawah laut dimulai dari menentukan ketebalan dinding pipa yang mengacu pada kode DnV OS F101 Submarine Pipeline Systems. Pipa harus didesain mampu menahan kegagalan yang mungkin terjadi, seperti *pressure containmet*, *system collapse*, *propagation buckling*, dan *combined loading*

Selain ketebalan dinding pipa, pipa juga didesain harus mampu menahan kestabilan di dasar laut akibat faktor-faktor hidrodinamika, seperti gelombang dan arus. Kestabilan pipa dianalisis untuk dua jenis, yaitu kestabilan vertikal dan kestabilan lateral yang mengacu pada DnV RP F109 On Bottom Stability of Submarine Pipelines. Kestabilan vertikal dipengaruhi oleh berat tenggelam pipa dan gaya apung yang terjadi, sedangkan untuk kestabilan lateral dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lebih kompleks, seperti arus dan gelombang.

Selanjutnya, pipa juga harus diperiksa bentang bebas izin statik dan dinamisnya. Bentang bebas statik dipengaruhi oleh berat sendiri pipa dan bentang bebas dinamik dipengaruhi oleh fenomena *Vortex Induced Vibration* (VIV). Bentang bebas penting untuk diketahui agar selama masa operasi pipa tidak mengalami kegagalan yang disebabkan oleh faktor-faktor di atas. Perhitungan bentang bebas pipa mengacu pada DnV RP F105 Free Spanning Pipelines

HASIL DAN ANALISIS/DISKUSI

Tabel 1.1 menunjukkan rangkuman hasil perhitungan ketebalan dinding pipa pada Tugas Akhir ini

Tabel 1.1 Rangkuman Perhitungan Ketebalan Dinding Pipa (*Wall Thickness*)

Kriteria	Kondisi	Kedalaman Air Minimum (<i>Minimum Water Depth</i>)		Kedalaman Air Maksimum (<i>Maximum Water Depth</i>)	
		Ketebalan Dinding Pipa			
		mm	in	mm	in
	<i>Hydrotest</i>	5.443	0.214	5.443	0.214

Kriteria	Kondisi	Kedalaman Air Minimum (<i>Minimum Water Depth</i>)		Kedalaman Air Maksimum (<i>Maximum Water Depth</i>)	
		Ketebalan Dinding Pipa			
		mm	in	mm	in
<i>Internal Pressure Containment</i>	Instalasi	-	-	-	-
	Operasi	8.909	0.351	8.806	0.347
<i>External Pressure Collapse</i>	<i>Hydrotest</i>	-	-	-	-
	Instalasi	2.300	0.091	3.300	0.130
	Operasi	-	-	-	-
<i>Propagation Buckling</i>	<i>Hydrotest</i>	3.560	0.140	5.590	0.220
	Instalasi	3.560	0.140	5.590	0.220
	Operasi	6.840	0.270	9.040	0.360
<i>Local Buckling/ Combined Loading</i>	Hydrotest	2.700	0.106	2.800	0.100
	Instalasi	0.500	0.020	0.500	0.020
	Operasi	2.6	0.102	2.5	0.098

Dari hasil perhitungan, diperoleh ketebalan dinding pipa baling besar ada pada kriteria *propagation buckling* kondisi operasi kedalaman air maksimum, yaitu sebesar **9.040 mm** atau **0.360 in**. Dari katalog pipa API 5L Specification, dipilih ketebalan dinding pipa adalah **10.312 mm** atau **0.41 in**.

Tabel 1.2 menunjukkan rangkuman perhitungan ketebalan lapisan beton minimum yang diperlukan untuk kestabilan pipa bawah laut

Tabel 1.2 Rangkuman ketebalan lapisan beton

Tebal minimum lapisan beton (t_{cc})					
Kedalaman Perairan (<i>Water Depth</i>)	Kondisi	Kestabilan Vertikal (<i>Vertical Stability</i>)		Kestabilan Lateral (<i>Lateral Stability</i>)	
		in	mm	in	mm
Min WD (4.3 m)	<i>Hydrotest</i>	0	0	-	-
	Instalasi	17	0.66	-	-
	Operasi	16	0.62	-	-

Tebal minimum lapisan beton (t_{cc})					
Kedalaman Perairan (<i>Water Depth</i>)	Kondisi	Kestabilan Vertikal (<i>Vertical Stability</i>)		Kestabilan Lateral (<i>Lateral Stability</i>)	
		in	mm	in	mm
Max WD (17.4 m)	<i>Hydrotest</i>	0	0	110	4.33
	Instalasi	17	0.66	160	6.29
	Operasi	16	0.62	270	10.62

Dari hasil perhitungan, diperoleh ketebalan lapisan beton paling besar ada pada kondisi operasi untuk kedalaman air maksimum kriteria kestabilan lateral, yaitu sebesar **270 mm** atau **10.62 in.**

Tabel 1.3 menunjukkan rangkuman perhitungan bentang bebas statik pada pipa bawah laut

Tabel 1.3 Rangkuman Perhitungan Bentang Bebas Statik Izin

Kondisi Perairan (<i>Water Depth</i>)	Kondisi	Panjang Bentang Bebas Statik Izin
		m
Max WD (17.4 m)	<i>Hydrotest</i>	15.075
	Instalasi	14.746
	Operasi	13.941

Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai bentang bebas izin statik paling kecil ada pada kondisi operasi dengan kedalaman air maksimum, yaitu **13.941 m.**

Sementara itu, untuk nilai bentang bebas dinamik tidak ada yang memenuhi *screening fatigue* untuk arah *in line*. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh tingginya pengaruh gelombang di lokasi pipa digelar. Tidak adanya nilai bentang bebas yang memenuhi *screening fatigue* dalam arah *in line* menunjukkan bahwa pipa memiliki kemungkinan yang besar untuk mengalami *fatigue*, sehingga perlu dilakukan analisis *fatigue* secara keseluruhan pada pipa. Nilai bentang bebas semakin panjang ketika parameter kecepatan arus dan kecepatan gelombang diturunkan. Solusi untuk menghindari fenomena VIV adalah dengan memberikan koreksi pada pipa, seperti memberikan struktur *support* tambahan. Dilakukan perhitungan untuk tiga kondisi, yaitu kecepatan arus dan partikel gelombang dikurangi sebanyak 25%, kecepatan arus dan partikel gelombang dikurangi sebanyak 50%, kecepatan arus dan partikel gelombang dikurangi sebanyak 75%,

KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Hasil perhitungan untuk ketebalan dinding pipa (*wall thickness*) kriteria *pressure containment* adalah sebesar **10.909 mm** atau **0.351 in**
2. Hasil perhitungan untuk ketebalan dinding pipa (*wall thickness*) kriteria *system collapse* adalah sebesar **3.30 mm** atau **0.130 in**
3. Hasil perhitungan untuk ketebalan dinding pipa (*wall thickness*) kriteria *propagation buckling* adalah sebesar **9.04 mm** atau **0.36 in**
4. Hasil perhitungan untuk ketebalan dinding pipa (*wall thickness*) kriteria *combined loading* adalah sebesar **2.8 mm** atau **0.11 in**
5. Hasil perhitungan untuk ketebalan dinding pipa (*wall thickness*) yang dipilih berdasarkan katalog pipa API 5L Specification adalah sebesar **10.312 mm** atau **0.41 in**
6. Hasil perhitungan ketebalan lapisan beton (*concrete coating*) untuk kestabilan vertikal (*vertical stability*) adalah **17 mm** atau **0.67 in**
7. Hasil perhitungan ketebalan lapisan beton (*concrete coating*) untuk kestabilan lateral (*lateral stability*) adalah sebesar **270 mm** atau **27.55 in**
8. Hasil perhitungan bentang bebas statik izin (*allowable free span static*) adalah sebesar **13.941 m**
9. Dari hasil perhitungan, tidak terdapat panjang bentang bebas dinamik yang lolos *screening fatigue*. Bentang bebas hanya lolos *screening fatigue* dalam arah *cross flow* dan tidak lolos untuk kriteria *in line*. Hal ini berarti perlu dilakukan *screening fatigue* keseluruhan.
10. Parameter bentang bebas dinamik sangat dipengaruhi oleh faktor kecepatan arus dan partikel gelombang. Semakin besar kecepatan arus dan gelombang akan menyebabkan semakin besar fenomena VIV yang terjadi
11. Untuk menghindari kegagalan *fatigue* akibat bentang bebas yang kecil, maka perlu dilakukan koreksi pada bentang bebas pipa, misalnya dengan memberi *support* pada pipa.

Saran untuk Tugas Akhir ini adalah:

Adapun saran terkait penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Dalam melakukan perhitungan, harus benar-benar diperhatikan kesesuaian formula yang ditulis dengan formula yang ada pada kode-kode DnV untuk memperkecil kesalahan perhitungan yang terjadi

2. Harus benar-benar dipahami arti dari penggunaan setiap formula yang ada, dan alasan mengapa formula tersebut digunakan dalam perhitungan, bukan hanya sekadar melakukan perhitungan saja.

DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Engineers (2000) API Spec 5L-2000. *Specification for Line Pipe*. Washington D.C., API Publishing Service.
- A.H. Mousselli. (1982) *Offshore Pipeline Design, Analysis, and Method*. Oklahoma, Penwell Publishing Company.
- Det Norske Veritas (2011) Recommended Practice DnV-RP-C203 *Fatigue Design of Offshore Steel Structures*. Oslo, DnV.
- Det Norske Veritas (2010) Recommended Practice DnV-RP-F109 *On Bottom Stability Design of Submarine Pipelines*. Oslo, DnV
- Det Norske Veritas (2007) Offshore Standards DnV-OS-F101 *Submarine Pipeline Systems*. Oslo, DnV.
- Det Norske Veritas (2006) Recommended Practice DnV-RP-F105 *Free Spanning Pipelines*. Oslo, DnV.
- Tawekal, Ricky Lukman. (2012) *Catatan Kuliah: KL4221 Bangunan Lepas Pantai II Sub Bahasan: Desain Pipa Bawah Laut*. Bandung, Penerbit ITB
- The American Society of Mechanical Engineers (2010) ASME B31.8-2010. *Gas Transmission and Distribution Piping Systems*. New York, ASME.