

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, nikmat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *“Pengaruh Kecepatan Fluida Dalam Pipa Terhadap Tegangan Pipa Riser Akibat Pembebanan Arus Laut”* ini dengan baik.

Dalam kesempatan kali ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu, membimbing, memberi petunjuk dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini :

1. Bapak Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Mesin Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dan dosen wali.
3. Ibu Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Prodi S1 Jurusan Mesin Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D. selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Teknik Konstruksi Jurusan Mesin Universitas Brawijaya Malang.
5. Bapak Endi Sutikno, Ir., MT. selaku pembimbing I yang telah memberikan ilmu, bimbingan, nasihat, dan motivasi untuk kesempurnaan penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Khairul Anam, ST., M.Sc. selaku pembimbing II yang telah memberikan ilmu, bimbingan, nasihat, dan motivasi untuk kesempurnaan penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh dosen pengajar, staf, dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan banyak ilmu dan bantuannya untuk mendukung penyusunan skripsi ini.
8. Kedua orang tua Bapak Muhammad Munif dan Ibu Ilfa Zumaro tercinta, serta adik-adik tersayang Akmal Amrullah, Magdala Nurahma, dan Syahirul Sakhoo Alim yang telah memberikan dukungan baik dalam bentuk materi maupun non materi tanpa mengenal lelah dan henti untuk penulis.
9. Hano Kharismantoko yang selalu memberikan bantuan, motivasi, dan doa untuk penulis.
10. Adnan Riva'i dan Himawan Wibhisana yang telah membantu dan bekerja sama untuk penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.

11. Keluarga WM1NO3 (Nilfa, Ririn, Yuzi, Vira, Intan, Ausi, Riza, Dinda, Yesika, Anissa, Clarissa) yang telah memberikan motivasi dalam bentuk yang beragam untuk penulis selama proses pengerjaan skripsi ini.
12. Bubuhan Ceria (Elvina, Rifka, Puu, Ambar, Adnan, Sonny, Musa, Preddy, Galih, Dio, Wanda, Mamix) untuk semangat, nasihat, siasat, bantuan, dan doa yang telah diberikan kepada penulis.
13. Ole, Ayu, Alfanisa, Fathia, dan Melur yang telah menularkan semangat kepada penulis dengan memberikan pertimbangan dalam prespektif berbeda.
14. Sahabat Asisten Tugas Besar Elemen Mesin (Bhayu, Wibhi, Sandy, Dodi, Ageng, Fahri).
15. Putri Mesin 2010 (Puspita, Andita, Praisyy, Anastasia, Anggi) untuk cerita, motivasi, dan doa kepada penulis.
16. Keluarga Besar Mahasiswa Mesin angkatan 2010 “IMMORTAL”.
17. Keluarga Besar Mahasiswa Mesin (KBMM) Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
18. Serta semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penyusunan skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima masukan, saran ataupun kritik yang sifatnya membangun demi penyusunan skripsi yang lebih baik lagi.

Akhirnya penulis berharap skripsi ini semoga dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan para pembaca umum, sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut.

Malang, 28 Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN	x
SUMMARY	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Anjungan (<i>Platform</i>)	6
2.3 Pipa.....	8
2.3.1 Jenis-Jenis Pipa	8
2.3.2 Dimensi Pipa.....	11
2.3.3 Baja	12
2.4 Arus Laut.....	15
2.4.1 Vorteks (<i>vortex</i>).....	16
2.4.2 <i>Vortex-Induced Vibration (VIV)</i>	17
2.5 Tegangan-Regangan.....	19
2.5.1 Tegangan (<i>Stress</i>)	20
2.5.2 Regangan (<i>Strain</i>)	21
2.5.3 Diagram Tegangan-Regangan (<i>Stress-Strain Diagram</i>).....	22
2.6 Metode Elemen Hingga (<i>Finite Element Methode</i>)	24
2.6.1 Ansys	25
2.7 Fluida.....	25

2.8 Hipotesa.....	26
-------------------	----

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian.....	27
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.3 Variabel yang Diteliti	27
3.3.1 Variabel Bebas	27
3.3.2 Variabel Terikat.....	28
3.3.3 Variabel Terkontrol	28
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.4.1 Bahan Penelitian.....	28
3.4.2 Peralatan Penelitian	28
3.5 Geometri Benda Kerja.....	29
3.6 Titik Pengujian	29
3.7 Pembebanan Arus Laut terhadap Pipa	30
3.8 Meshing.....	30
3.9 Langkah-langkah Simulasi.....	31
3.9.1 <i>Preprocessing Computation Fluid Dynamic</i>	31
3.9.2 <i>Solution Computation Fluid Dynamic</i>	32
3.9.3 <i>Preprocessing Static Structural</i>	32
3.9.4 <i>Solution Static Structural</i>	32
3.9.5 <i>Postprocessing Static Structural</i>	32
3.10 Diagram Alir	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian.....	35
4.1.1 Data Hasil Pengujian Simulasi <i>Fluent Ansys</i>	35
4.1.2 Data Hasil Pengujian <i>Static Structural Ansys</i>	36
4.1.3 Perhitungan Parameter Terjadinya VIV	38
4.1.4 Perhitungan Metode Elemen Hingga.....	39
4.1.5 Perhitungan Gaya Hambat Akibat Pembebanan Arus Laut.....	42
4.1.6 Perhitungan Kekakuan Pipa <i>Riser</i> Akibat Aliran Fluida Dalam	43
4.2 Pembahasan.....	47



4.2.1 Hubungan Kecepatan Fluida Dalam terhadap Tegangan Pada Pipa *Riser* di Tiap Titik Pengujian pada Semua Variasi 47

4.2.2 Hubungan Kecepatan Fluida Dalam terhadap Regangan Pada Pipa *Riser* di Tiap Titik Pengujian pada Semua Variasi 51

4.2.3 Hubungan Kecepatan Fluida Dalam terhadap Deformasi Pada Pipa *Riser* di Tiap Titik Pengujian pada Semua Variasi..... 54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan..... 56

5.2 Saran 56



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konversi Satuan Pipa Dan Wall	12
Tabel 4.1 Regime Aliran <i>Incompressible</i>	38
Tabel 4.2 Frekuensi Natural Pipa <i>Riser</i>	39
Tabel 4.3 Koefisien Gaya Hambat untuk Silinder Bulat dengan Panjang Terhingga (<i>Finite</i>) dan Ujung Ujung Lepas	42
Tabel 4.4 Bilangan Reynold Fluida Mengalir dalam Pipa	45
Tabel 4.5 Faktor Gesekan Fluida Mengalir dalam Pipa	46
Tabel 4.6 Nilai Kekakuan Pipa	46

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



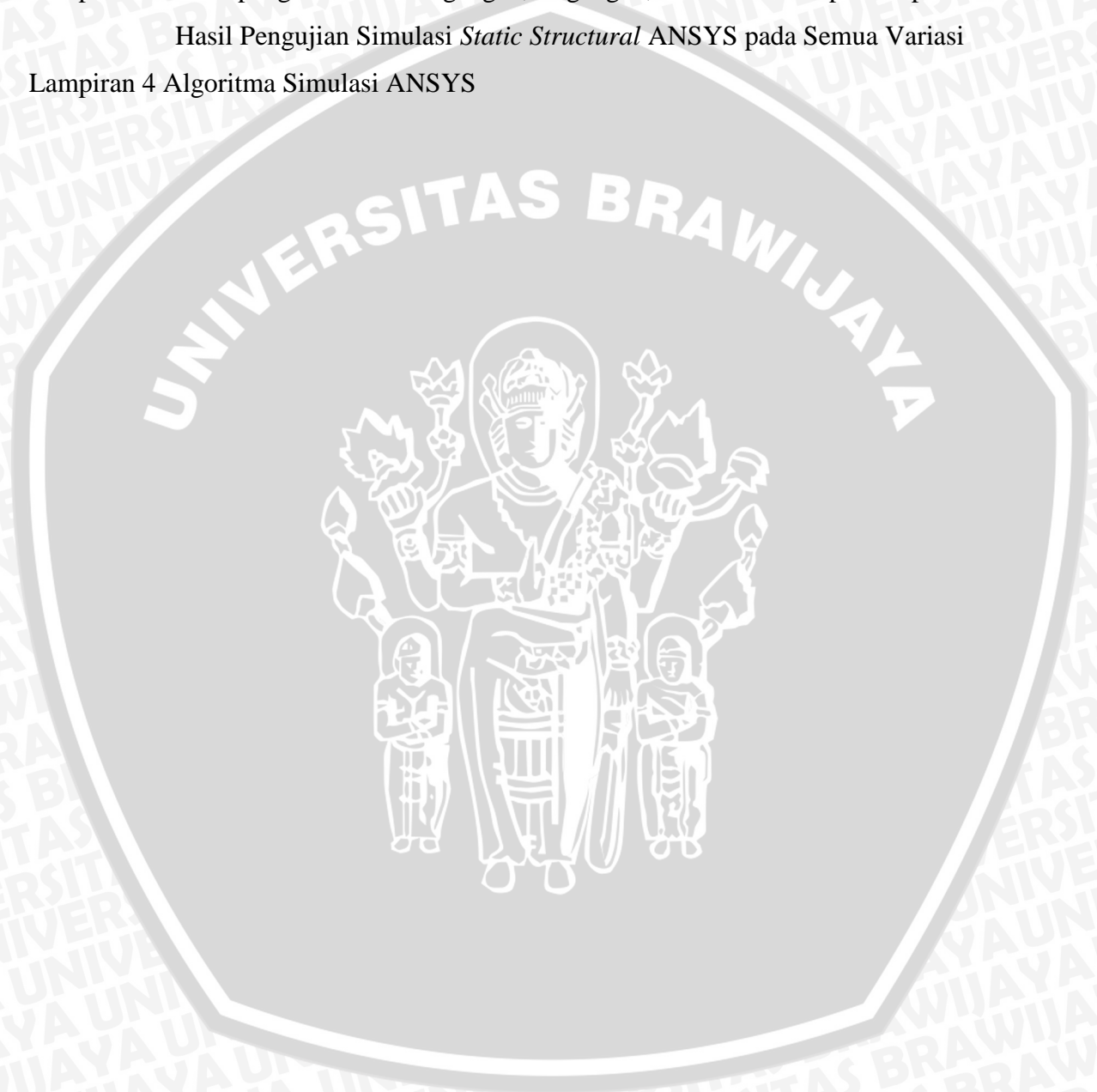
DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Anjungan <i>Semisubmersible</i>	6
Gambar 2.2	Anjungan <i>Jacket</i>	7
Gambar 2.3	Anjungan <i>Gravity</i>	8
Gambar 2.4	<i>Galvanized Iron Pipe</i>	9
Gambar 2.5	Pipa <i>Polyvinyl Chloride</i>	9
Gambar 2.6	Pipa <i>High-Density-Polyethylene</i>	9
Gambar 2.7	Pipa Baja	10
Gambar 2.8	Pipa Tembaga	10
Gambar 2.9	Pipa Beton	11
Gambar 2.10	Diagram Penentuan Ukuran Pipa	11
Gambar 2.11	Bagan Klasifikasi Material Pipa	13
Gambar 2.12	Struktur <i>Medium Carbon Steel</i>	14
Gambar 2.13	Bentuk Pelepasan <i>Vorteks</i>	16
Gambar 2.14	Gaya Angkat dan Geser pada Silinder	17
Gambar 2.15	Hubungan Bilangan Strouhal - Reynold Untuk Silinder Bulat	18
Gambar 2.16	Tipe-Tipe Tegangan pada Elemen	20
Gambar 2.17	Regangan Normal pada Balok	21
Gambar 2.18	Regangan Geser	22
Gambar 2.19	Diagram Tegangan-Regangan untuk Struktur Baja pada Pengujian Tarik	23
Gambar 2.20	Diagram Tegangan Regangan Beberapa Material	24
Gambar 3.1	Geometri Struktur Pipa <i>Riser</i>	29
Gambar 3.2	Titik Pengujian	29
Gambar 3.3	Pembebanan Arus Laut terhadap Pipa <i>Riser</i>	30
Gambar 3.4	<i>Meshing</i> pada <i>Body</i> Pipa <i>Riser</i>	31
Gambar 3.5	Diagram Alir	34
Gambar 4.1	Penampang Distribusi Kecepatan Arus Laut pada Selang Waktu Tertentu, yaitu (a) $t=0.1s$, (b) $t=0.2s$, (c) $t=0.3s$, (d) $t=0.4s$, (e) $t=0.5s$, (f) $t=0.6s$, (g) $t=0.7s$, (h) $t=0.8s$, (i) $t=0.9s$, (j) $t=1s$	36
Gambar 4.2	Distribusi Nilai Tegangan pipa <i>Riser</i> pada Variasi Tanpa Aliran Fluida Dalam	36
Gambar 4.3	Distribusi Nilai Regangan pipa <i>Riser</i> pada Variasi Tanpa Aliran Fluida Dalam	37

Gambar 4.4 Distribusi Nilai Deformasi pipa <i>Riser</i> pada Variasi Tanpa Aliran Fluida Dalam	37
Gambar 4.5 Koefisien Gaya Hambat untuk Aliran disekitar Bola dan Silinder Panjang	42
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Tanpa Aliran Fluida Dalam dan Variasi Kecepatan Aliran Fluida Dalam <i>Methane</i> terhadap Tegangan Pipa <i>Riser</i> pada Berbagai Titik Pengujian, yaitu (a) tegangan pada titik pengujian 1 dan 4, (b) tegangan pada titik pengujian 2 dan 5, (c) tegangan pada titik pengujian 3 dan 6	48
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Variasi Kecepatan Aliran Fluida Dalam <i>Fuel-Oil Liquid</i> terhadap Tegangan Pipa <i>Riser</i> pada Berbagai Titik Pengujian, yaitu (a) tegangan pada titik pengujian 1 dan 4, (b) tegangan pada titik pengujian 2 dan 5, (c) tegangan pada titik pengujian 3 dan 6	49
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Tanpa Aliran Fluida Dalam dan Variasi Kecepatan Aliran Fluida Dalam <i>Methane</i> Terhadap Regangan Pipa <i>Riser</i> pada Berbagai Titik Pengujian, yaitu (a) regangan pada titik pengujian 1 dan 4, (b) regangan pada titik pengujian 2 dan 5, (c) regangan pada titik pengujian 3 dan 6	52
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Variasi Kecepatan Aliran Fluida Dalam <i>Fuel-Oil Liquid</i> Terhadap Regangan Pipa <i>Riser</i> pada Berbagai Titik Pengujian, yaitu (a) regangan pada titik pengujian 1 dan 4, (b) regangan pada titik pengujian 2 dan 5, (c) regangan pada titik pengujian 3 dan 6	53
Gambar 4.10 Histogram Hubungan Tanpa Aliran Fluida Dalam dan Variasi Kecepatan Fluida Dalam <i>Methane</i> Pipa <i>Riser</i> Terhadap Deformasi pada Berbagai Titik Pengujian	54
Gambar 4.11 Histogram Hubungan Variasi Kecepatan Fluida Dalam <i>Fuel-Oil Liquid</i> Pipa <i>Riser</i> Terhadap Deformasi pada Berbagai Titik Pengujian	55

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Tabel Hubungan Tegangan, Regangan, dan Deformasi Pada Semua Variasi
Lampiran 2	Penampang Distribusi Kecepatan Pengujian Simulasi <i>Fluent</i> ANSYS pada Setiap Titik Pengujian Pada Semua Variasi
Lampiran 3	Penampang Distribusi Tegangan, Regangan, dan Deformasi pada Pipa <i>Riser</i> Hasil Pengujian Simulasi <i>Static Structural</i> ANSYS pada Semua Variasi
Lampiran 4	Algoritma Simulasi ANSYS



RINGKASAN

Malicha Ahyar, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2015, *Pengaruh Kecepatan Fluida Dalam Pipa Terhadap Tegangan Pada Pipa Riser Akibat Pembebanan Arus Laut*, Dosen Pembimbing : Endi Sutikno dan Khairul Anam

Riser merupakan pipa konduktor, salah satu instalasi penambangan lepas pantai yang berada di bawah permukaan air laut yang mengalami pembebanan arus laut. Arus laut ketika melewati *riser* terbentuk vorteks yang berpotensi menimbulkan getaran pada instalasi *riser* akibat pelepasan vorteks (*vortex shedding*), fenomena ini disebut *Vortex-Induced Vibration* (VIV). VIV terjadi apabila frekuensi natural pipa hampir sama dengan frekuensi pelepasan vorteks, maka akan terjadi resonansi yang dapat berefek kerusakan pada instalasi. VIV dipengaruhi oleh bilangan Reynold.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan jenis fluida dalam *methane* dan *fuel-oil liquid* dengan kecepatan 5.44 m/s, 10.88 m/s, 16.32 m/s. Komputasi fluida digunakan untuk menghasilkan aliran arus laut pada bilangan Reynold 7×10^5 dan komputasi struktural untuk mengetahui distribusi tegangan yang terjadi pada pipa *riser* akibat pembebanan arus laut.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan nilai tegangan akibat pembebanan arus laut semakin tinggi dengan semakin tingginya kecepatan alir fluida dalam dan semakin kecilnya nilai viskositas dan massa jenis fluida dalam. Tegangan tertinggi diperoleh pada aliran fluida dalam *methane* 16.32 m/s sebesar 11.9 MPa.

Kata kunci : pembebanan arus laut, massa jenis, viskositas, *methane*, *fuel-oil liquid*, tegangan

SUMMARY

Malicha Ahyar, Mechanical Engineering Departement, Engineering Faculty, Brawijaya University, January 2015, *Influence of Fluid Velocity Inside Pipe to Riser Pipe Stress caused by Sea Current Load*, Academic Supervisor : Endi Sutikno and Khairul Anam.

Riser is conductor pipe. One of offshore mining installation which is located under sea surface and receive a load from sea current. Sea current potentially causes a vortex when trough riser which excite vibration on riser installation due to vortex shedding, this phenomenon called Vortex-Induced Vibration (VIV). VIV occurs if pipe natural frequency almost the same with vortex shedding frequency, then will arises resonance which has destructive effect for instalation. VIV affected by Reynold number.

Methane and fuel-oil liquid fluid with velocity 5.44 m/s, 10.88 m/s, 16.32 m/s are used in this research. Fluid computation is used to make sea current on 7×10^5 Reynold number and structural computation is used to find stress distribution on riser pipe due to sea current load.

Conclusion from this research is stress which caused by sea current load become higher when the velocity of fluid inside pipe increase and has lower density and viscosity. The highest stress is methane 16.32 m/s with 11.9 MPa.

Key word : sea current load , VIV, density, viscosity, methane, fuel-oil liquid, stress

