

Efek Kombinasi Beban *Crossing Highway-Railway* Pada Pipeline

Awahida Widi Yon Arvindi Azizah^{1*}, Mardi Santoso², Mochammad Choirul Rizal³

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 Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: awwidiyona1005@gmail.com^{1*}; mardisantoso@ppns.ac.id^{2*}; mochammadchoirulrizal@yahoo.com^{3*};

Abstract - Transport pipeline pass through some public facilities, unavoidably it will crossing highway or railway. Their stress level is influenced not only by fluids pressure, but also by the adjacent soil, the thickness of any covering layers, and traffic load. The stress level may be unevenly spread over a pipe due to these causes. When evaluating experimental measurements, errors may occur. Software ANSYS 17.2 choosed to simulate the effects of related loading on pipeline crossing.

Keyword: crossing pipeline, FEM analysis, loads, stress,

Nomenclature

S_{Hi} stress from internal pressure

S_{He} stress from earth load

S_H cyclic circumferential stress

S_L cyclic longitudinal stress

S_1 maximum circumferential stress

S_2 maximum longitudinal stress

S_3 maximum radial stress

S_{eff} total effective stress

1. PENDAHULUAN

“Relokasi Pipa Avtur di Area M1-M2” merupakan proyek pemindahan lokasi dan penggantian pipa avtur lama yang sedang dikerjakan oleh perusahaan EPC di area bandara yang berlokasi di Tangerang, Banten. Penggantian pipa avtur ini dilakukan karena pipa avtur lama masa hidupnya sudah habis. Dimana dalam proses pengerjaan proyek ini, jalur pipa tidak dapat dihindari akan melewati beberapa fasilitas publik, seperti jalan raya maupun lintasan rel kereta api sehingga pipa harus ditimbun di bawah tanah.

Pipa yang ditimbun di bawah tanah dan melintasi jalan raya maupun rel kereta api, akan dikenai oleh beberapa beban diantaranya adalah beban eksternal yang berupa beban tanah timbunan di atas pipa, beban roda kendaraan, dan beban perkerasan jalan, serta beban internal berupa tekanan internal fluida yang mengalir di sepanjang pipa. Adanya beban-beban inilah yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui dan menganalisa nilai tegangan dan deformasi yang terjadi pada pipa *crossing*.

2. METODOLOGI.

2.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada pipa *crossing railway* diantara dua *highway*, pipa yang melintas merupakan pipa transport berukuran 20 inch yang mengalirkan avtur dari DPPU menuju ke terminal kargo. Penelitian ini dihitung dengan menggunakan API 1102 dan disimulasikan dengan menggunakan *software* ANSYS 17.2, dimana beban eksternal dan internal yang diterima oleh pipa *crossing* digunakan sebagai parameter penting untuk mendapatkan nilai tegangan dan deformasi.

Hasil dari penelitian ini berupa gambar visualisasi tegangan dan deformasi dari *software* ANSYS 17.2, simulasi dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi yaitu variasi kedalaman timbunan pipa *crossing* dan variasi skenario pembebanan roda kendaraan.

2.2 Tegangan Akibat Beban Internal

Internal load merupakan gaya hasil dari tekanan *internal* pipa (operating pressure). Beban akan menjadi *stress* pada pipa, sehingga harus dipastikan bahwa *stress* yang terjadi tidak boleh melebihi *allowable stress of material*. [1]

$$SH_i = p(D - tw)/2tw \quad (1)$$

$$SH_{Barlow} = pD/2tw \quad (2)$$

2.3 Tegangan Akibat Beban Tanah

Earth load adalah gaya berat tanah yang berada diatas tanah. Beban yang terjadi berbeda beda berdasarkan berat jenis dari tanah itu sendiri. [1]

$$S_{He} = K_{HE} B_e E_e Y \quad (3)$$

2.4 Tegangan Cyclic Circumferential Akibat Kendaraan

Cyclic circumferential stress merupakan tegangan yang terjadi pada *longitudinal joint* akibat *vehicular load*. *Live load* direkomendasikan untuk ditambahkan *impact factor* (F), dengan fungsi dari kedalaman *buried pipe* pada *pipe crossing*. Sehingga didapatkan rumus sebagai berikut: [1]

$$\Delta SH_h = K_{Hh} G_{Hh} R L F_L W \quad (4)$$

$$\Delta SH_r = K_{Hr} G_{Hr} N_H F_i W \quad (5)$$

2.5 Tegangan Cyclic Longitudinal Akibat Kendaraan

Cyclic longitudinal stress (ΔSH) digunakan untuk menghitung tegangan pada *circumferential joint* akibat *vehicular load*. [1]

$$\Delta SL_h = K_{lh} G_{lh} R L F_L W \quad (6)$$

$$\Delta SL_r = K_{lr} G_{lr} N_l F_i W \quad (7)$$

2.6 Tegangan Efektif

Maksimum prinsipal *stress* berupa S_1 , S_2 dan S_3 digunakan untuk perhitungan total *stress* efektif (S_{eff}). [1]

$$S_1 = S_{He} + \Delta S_H + S_{Hi} \quad (8)$$

$$S_2 = \Delta S_L - E_s \alpha (T_2 - T_1) + v(S_{He} + S_{Hi}) \quad (9)$$

$$S_3 = -P \quad (10)$$

$$S_{eff} = \sqrt{\frac{1}{2} \{ (S_1 - S_2)^2 + (S_2 - S_3)^2 + (S_3 - S_1)^2 \}} \quad (11)$$

Nilai dari total tegangan efektif harus tidak boleh melebihi *allowable stress* pipa. [1]

$$S_{eff} \leq SMYS \times F \quad (12)$$

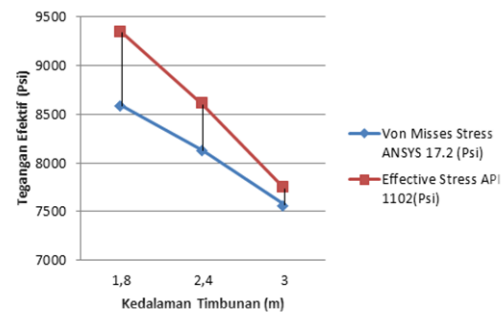
2.7 Simulasi dengan ANSYS 17.2

Finite element method merupakan metode matematis yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial dan integral yang kompleks dengan menggunakan analisa numerik. Pipa dengan diameter 20 inch dan memiliki panjang 12 meter dimodelkan di bawah *soil block* dengan menggunakan *software* ANSYS 17.2. Ukuran dari *soil block* adalah 12 m x 3m dengan tebal 1 m. Kontak dimodelkan diantara *gap soil block* dengan pipa. *Pipeline crossing* yang akan dianalisa pada proyek ini ditimbun dengan kedalaman yang berbeda yaitu kedalaman 3m, 2,4m, dan 1,8m. Pipa dimodelkan dari SOLID 186 *finite element*, sedangkan *soil block* dimodelkan dengan pendekatan *drucker-prager non-linearity*, dimana tipe tanah yang digunakan sesuai dengan data properties tanah. [2]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Tegangan dengan Variasi Kedalaman Timbunan

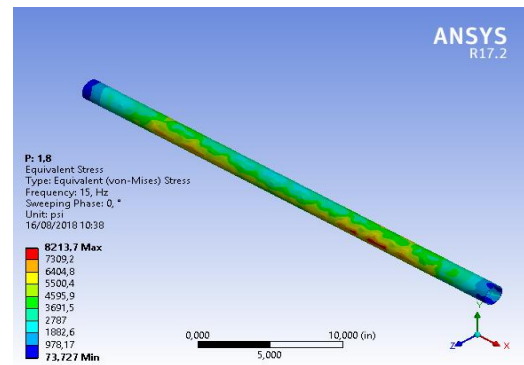
Perbandingan Tegangan Efektif



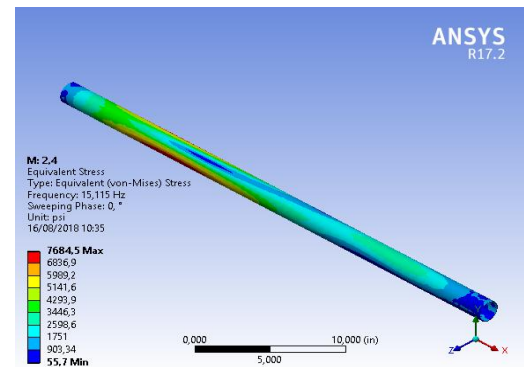
Gambar 1 Grafik Perbandingan Tegangan Efektif Manual-Software

Berdasarkan Gambar 1 didapatkan nilai tegangan efektif akibat adanya variasi kedalaman timbunan pipa *crossing* dengan perhitungan manual dengan menggunakan persamaan 11 serta simulasi dengan *software* ANSYS 17.2.

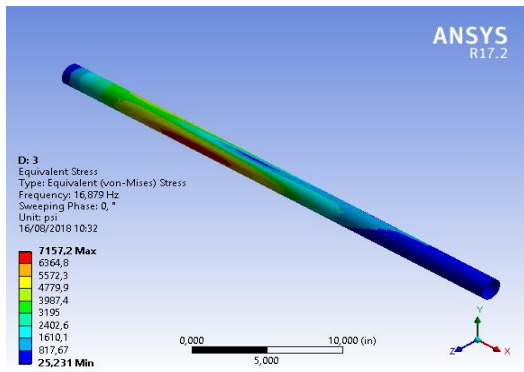
Dari gambar grafik di atas kita ketahui bahwa nilai tegangan efektif baik dari hasil perhitungan manual maupun *software*, nilainya akan semakin kecil seiring bertambahnya kedalaman timbunan tanah, hal ini terjadi akibat adanya peran tanah selain sebagai beban juga berperan sebagai *support* pipa *crossing* serta tanah sendiri memiliki daya dukung sehingga mampu mereduksi beban-beban di atasnya.



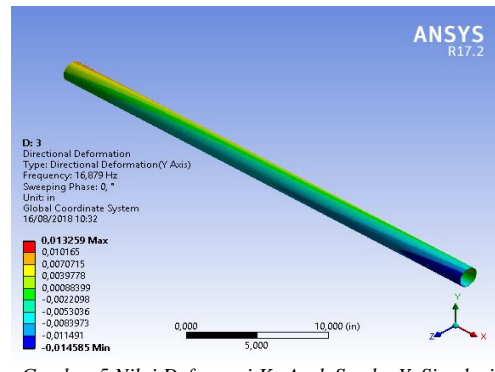
Gambar 2 Nilai Tegangan Efektif Kedalaman Timbunan 1,8 Meter



Gambar 3 Hasil Tegangan Efektif Simulasi Timbunan 2,4 Meter



Gambar 4 Hasil Tegangan Efektif Simulasi Timbunan 3 Meter



Gambar 5 Nilai Deformasi Ke Arah Sumbu Y Simulasi Timbunan 3 m

Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4 berturut-turut merupakan visualisasi dari tegangan efektif pada pipa *crossing* dengan variasi kedalaman timbunan yang disimulasikan dengan *software ANSYS 17.2* yang besar nilai tegangannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 : Tabel Perbandingan Tegangan Efektif

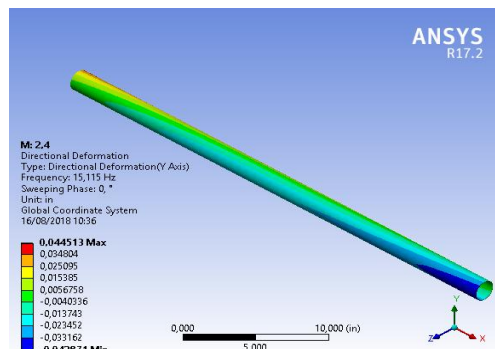
Timbunan (m)	Effective Stress API 1102 (Psi)	Von Misses Stress ANSYS 17.2 (Psi)	Allowable Stress (Psi)
1,8	9339,0	8231,7	14000
2,4	8598,3	7648,5	14000
3	7733,4	7157,2	14000

Pada tabel di atas didapatkan nilai tegangan efektif terbesar pada variasi kedalaman timbunan pipa *crossing* 1,8 meter, nilai tegangan efektif baik dari perhitungan manual maupun *software* seluruhnya tidak mengalami *overstress* yaitu masih dibawah 14000 psi.

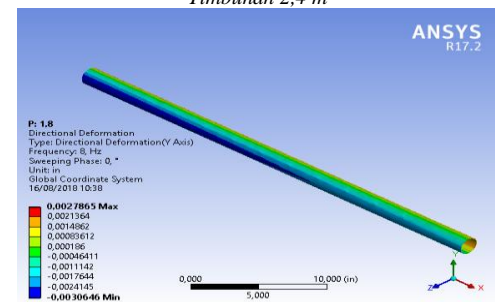
Tabel 2 : Tabel Nilai Deformasi Vertikal Akibat Variasi Kedalaman Timbunan

Timbunan (m)	Deformasi Vertikal (in)	Allowable Defleksi (in)
1,8	0,0028	0,6
2,4	0,045	0,6
3	0,0132	0,6

Dari Tabel 2 diketahui nilai deformasi ke arah sumbu vertikal atau defleksi, dimana nilai defleksi dengan variasi kedalaman timbunan pipa *crossing* seluruhnya masih dibawah nilai *allowable*. Berikut merupakan visualisasi deformasi vertikal yang disimulasikan dengan ANSYS 17.2 :



Gambar 6 Nilai Deformasi Ke Arah Sumbu Y Simulasi Timbunan 2,4 m



Gambar 7 Nilai Deformasi Ke Arah Sumbu Y Simulasi Timbunan 1,8 m

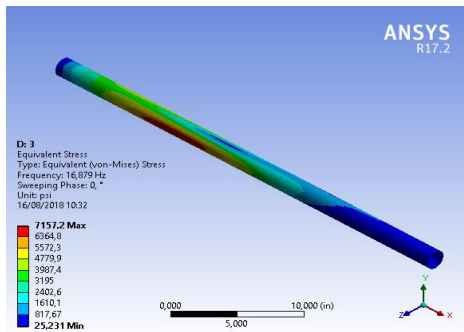
3.2 Analisa Tegangan dengan Variasi Skenario Pembebanan Eksternal

Tabel 3 : Perbandingan Nilai Tegangan Efektif dengan Variasi Skenario Pembebanan Eksternal

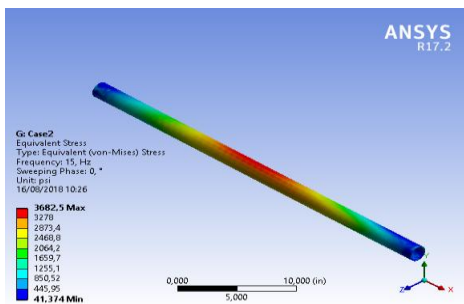
Skenario	Effective Stress API 1102(Psi)	Von Misses Stress ANSYS 17.2 (Psi)	Allowable Stress (Psi)
Highway-railway-highway	7443,205	7157,2	14000
Highway-0-highway	4416,653	3682,5	14000
0-railway-0	7096,588	5381	14000

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa nilai tegangan efektif yang paling besar adalah ketika roda kendaraan secara bersamaan melewati seluruh jalur *highway* dan *railway*, baik itu nilai tegangan hasil perhitungan manual maupun

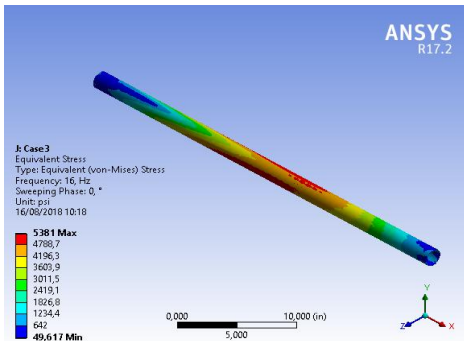
software. Dan nilai tegangan efektif akibat adanya variasi skenario pembebanan eksternal seluruhnya masih dibawah nilai tegangan yang diijinkan yaitu 14000 psi.



Gambar 8 Hasil Tegangan Efektif Simulasi Pembebanan Kendaraan pada Highway-Railway-Highway



Gambar 9 Tegangan Efektif pada Simulasi Pembebanan Kendaraan pada Highway-0-Highway



Gambar 10 Tegangan Efektif pada Simulasi Pembebanan Kendaraan pada Railway

Berdasarkan Gambar 8 hingga Gambar 10 di atas, kita bisa melihat visualisasi dari tegangan efektif pada pipa *crossing* yang disimulasikan menggunakan ANSYS 17.2. Tabel 3 merupakan ringkasan nilai tegangan efektif yang diterima oleh pipa *crossing*.

Tabel 4 : Nilai Deformasi Vertikal Akibat Variasi Skenario Pembebanan Eksternal

Timbunan (m)	Deformasi Vertikal (in)	Allowable Defleksi (in)
Highway-railway-highway	0,0139	0,6
Highway-0-highway	0,014	0,6
0-railway-0	0,0132	0,6

Dari Tabel 4 diketahui nilai deformasi ke arah sumbu vertikal atau defleksi, dimana nilai defleksi dengan variasi kedalaman timbunan pipa *crossing* seluruhnya masih dibawah nilai *allowable*.

4. KESIMPULAN

Hasil dari pembahasan dan analisa yang telah dijelaskan di Bab 4 untuk menjawab tujuan dari Tugas Akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan dan simulasi dengan menggunakan variasi kedalaman timbunan *pipeline crossing*, tegangan efektif yang terjadi pada kedalaman timbunan 3 meter berdasarkan perhitungan manual adalah 7733,4 Psi dan perhitungan ANSYS 17.2 adalah 7157,2 Psi serta dari simulasi ANSYS 17.2 dengan kedalaman timbunan 3 meter didapat nilai deformasi vertikal sebesar 0,0132 inch. Desain *pipeline crossing* dengan kedalaman timbunan 2,4 m berdasarkan perhitungan manual didapatkan nilai tegangan efektif sebesar 8596,3 Psi dan perhitungan ANSYS 17.2 sebesar 7648,5 Psi dan juga nilai deformasi vertikal sebesar 0,045 inch. Sedangkan tegangan efektif pada *pipeline crossing* dengan kedalaman timbunan 1,8 meter berdasarkan perhitungan manual adalah 9339,0 Psi dan berdasarkan perhitungan ANSYS 17.2 sebesar 8231,7 Psi serta dari hasil simulasi di diketahui bahwa nilai deformasi vertikalnya sebesar 0,0028 inch. Dari nilai tegangan yang diterima pipa yang merupakan hasil perhitungan manual maupun simulasi *software*, jelas bahwa semakin besar kedalaman timbunan pipa maka tegangan yang terjadi pada pipa semakin kecil, serta hasil dari perhitungan tegangan efektif dari setiap variasi desain tersebut dinyatakan aman dikarenakan tidak melebihi *allowable stress* material yaitu 14000 psi begitu pula nilai deformasi vertikal keseluruhannya juga masih di bawah 0,6 inch.
2. Berdasarkan perhitungan dan simulasi *software ANSYS 17.2* dengan menggunakan variasi skenario pembebanan eksternal (roda kendaraan dan kereta api). Dapat diketahui bahwa nilai tegangan efektif yang terjadi pada *pipeline crossing* dengan ketiga jalur dilalui beban kendaraan (*case 1*) memiliki tegangan efektif berdasarkan perhitungan API 1102 yang paling besar yaitu 7733,4 Psi sedangkan berdasarkan simulasi *software* nilai tegangan efektifnya yaitu 7157,2 Psi dan deformasi ke arah sumbu Y sebesar 0,0139 inch. Dan nilai tersebut masih di bawah nilai tegangan

yang diijinkan yaitu dibawah 0,6 inch. *Pipeline crossing* dengan variasi pembebanan eksternal seperti *case 2* memiliki nilai tegangan efektif perhitungan manual sebesar 4416,7 dan sebesar 3682,5 Psi dimana menggunakan simulasi *software*, serta nilai deformasi ke arah sumbu Y sebesar 0,014 inch. Sedangkan untuk *pipeline crossing* dengan variasi *case 3* (hanya lintasan kereta api yang dilalui beban kendaraan) diketahui bahwa nilai tegangan efektif dengan perhitungan manual adalah 7096,6 Psi, kemudian nilai tegangan efektif dengan simulais *software ANSYS 17.2* adalah 5381 Psi serta deformasi ke arah sumbu Y sebesar 0,0132 inch. Dari hasil perhitungan dan simulasi tersebut bisa disimpulkan bahwa semakin besar nilai beban eksternal yang diterima oleh pipa maka nilai tegangannya juga akan semakin besar begitu pula deformasi ke arah sumbu Y / defleksi nantinya juga akan semakin besar.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] API RP 1102. (2008). *Steel Pipelines Crossing Railway Highways*. Washington, D.C. API Publisher.
- [2] Magura, Martin (2016). *Interaction of Buried Pipeline With Soil Under Different Loading Case*. Slovak Journal of Civil Engineering Vol.24, 2016, No.3, pp. 29-35. DOI: 10.1515/sjce-2016-0014.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)