

Analisis Teknis dan Ekonomis Metode Instalasi Highway Pipeline Crossing Jaringan Pipa PDAM

Alhikmal Adam Wiguna^{1*}, Pekik Mahardhika², Heroe Poernomo³

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1,2}

Program Studi D4 Teknik Permesinan kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: alhikmaladam@student.ppps.ac.id¹; pekikmahardhika@ppns.ac.id²; poernomo_heroe@ppns.ac.id³

Abstract – The clean water pipeline project in the Special Economic Zone (KEK) JIPE, Gresik, Indonesia, utilizes SNI Medium material pipes with a size of 600 mm equivalent to 24-inch Sch 20 pipes. The pipeline is planned to cross a highway for a length of 17 meters. To avoid pipe damage that could lead to losses, API Standard 1102 regulates special treatment by using protection or installing the pipe at a minimum depth of 1200 mm measured from the surface to the top of the pipe. This study will analyze the pipeline crossing method using both uncased pipe and cased pipe installation methods technically based on API 1102 and ASME B31.4, as well as an economic analysis. After conducting both technical and economic analyses, it can be recommended to use the uncased carrier pipe model due to its stress values being within the allowable limits and the more affordable installation costs.

Keyword: Burried Pipe, Effective Stress, Pipeline Crossing, Stress analysis

Nomenclature

- Fi* = Impact factor
- W* = Wheel Load
- Tw* = Wall Thickness
- F* = Design Factor
- E* = Weld Joint Factor

1. PENDAHULUAN

Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Area JIPE di Manyar, Gresik, merupakan bagian integral dari strategi nasional Indonesia untuk memajukan Industri 4.0. Salah satu aspek krusial dalam infrastruktur kawasan industri ini adalah pemenuhan kebutuhan akan air bersih, yang esensial bagi kelangsungan operasional berbagai industri di dalamnya. Distribusi air bersih di kawasan industri seperti JIPE memerlukan infrastruktur jaringan pipa yang dapat menghubungkan sumber air dengan titik penggunaan akhir. Proyek pembangunan jaringan pipa di JIPE saat ini dilakukan oleh salah satu perusahaan kontraktor di Gresik. Proyek ini bertujuan untuk mengalirkan air bersih dari reservoir utama Sembayat ke Ground Water Tank di dalam kawasan JIPE, dengan total panjang pipa mencapai 4 kilometer. Pipa yang digunakan memenuhi spesifikasi SNI – Medium SNI 0039:2013 dengan ukuran 600 mm sebanding dengan pipa 24 inch Sch 20, pipa memiliki ketebalan dinding yang cukup tipis sehingga rentan terhadap kerusakan. jalur instalasi jaringan pipa akan melewati eksisting berupa jalan raya (pipeline crossing)

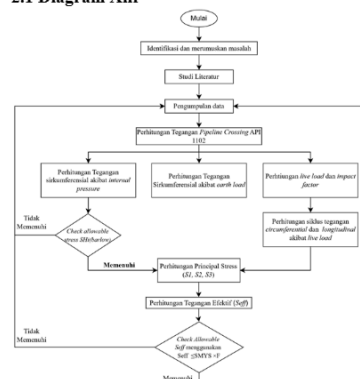
sehingga menurut Standard API RP 1102 pipa memerlukan perlakuan khusus untuk melindungi pipa dari beban tanah dan aktivitas di atas permukaan jalan. Dalam konteks ini, perlindungan pada underground pipeline crossing highways dapat meminimalkan risiko kerusakan pipa akibat beban eksternal. Beberapa penelitian terkait dengan kajian teknis instalasi buried pipe telah dilakukan sebelumnya. Nuryono [3] telah mengkaji besarnya tegangan yang terjadi pada jalur pipa crossing highway untuk penyaluran gas dengan melakukan variasi kedalaman elevasi. Dari hasil kajian disimpulkan bahwa semakin dalam elevasi, maka besarnya taganan yang terjadi juga semakin besar. Penelitian ini difokuskan pada perbandingan model instalasi untuk underground pipeline crossing highways dari segi teknis, dengan analisis tegangan yang terjadi serta biaya yang dikeluarkan. Masalah penelitian dirumuskan untuk mengidentifikasi nilai tegangan principal, tegangan efektif, serta beban berkelanjutan dan sesaat pada uncased pipe crossing dan cased pipe crossing.

2. METODOLOGI

Penelitian ini berupa analisa teknis dan ekonomis terhadap *pipe crossing highways* sepanjang 17 meter. Analisa teknis akan menggunakan perhitungan manual berdasarkan standar API RP 1102 dan menggunakan *Software analisa tegangan pipa* untuk memenuhi *allowable stress* pada *Code ASME B31.4*.

Analisa ekonomis akan dihitung berdasarkan biaya material, *equipment*, dan *manpower*.

2.1 Diagram Alir



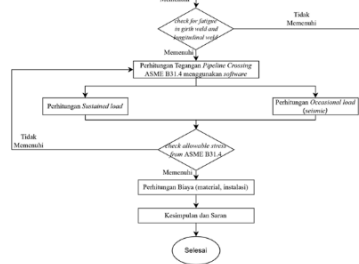
atau beban maksimum roda dari tandem axle truck, *Pt* [1].

Beban desain yang dignakan pada penelitian ini adalah *Pt* sebesar 10 kips (44.5 kN) tekanan permukaan desain yang diterapkan adalah *w* = 69.4 psi (479 kPa).

Beban hidup menimbulkan tegangan siklik sirkumferensial (ΔS_{HR}). Dapat dihitung menggunakan persamaan (2) berikut [1].

$$\Delta S_{HR} = K_{HR} \cdot G_{HR} \cdot R \cdot L \cdot F_i \cdot w \quad (2)$$

K_{HR} merupakan faktor kekakuan jalan raya untuk tegangan siklik sirkumferensial, G_{HR} merupakan faktor geometri jalan raya untuk tegangan siklik sirkumferensial, R merupakan faktor pavement, L merupakan factor konfigurasi jalan raya, F_i merupakan impact factor dan w merupakan tekanan permukaan desain (psi atau kPa).



Gambar 1 Diagram Alir

2.2 Tegangan Akibat Beban Eksternal

Beban Eksternal yang dialami pipa berasal dari beban tanah (*erath load*) dan beban hidup yang berasal dari aktivitas dipermukaan (*live load*).

Tegangan Sirkumferensial diakibatkan oleh beban tanah yang bekerja pada pipa, dapat dihitung menggunakan persamaan(1) berikut[1]:

$$S_{He} = K_{He} \cdot B_e \cdot E_e \cdot y \cdot D \quad (1)$$

Dimana K_{He} merupakan faktor kekakuan untuk tegangan circumferential dari beban tanah, B_e merupakan faktor penguburan beban tanah, E_e merupakan faktor ekskavasi beban tanah, y merupakan berat tanah (lb/in³ atau kN/m³) dan D merupakan diameter luar pipa (in atau mm).

Beban hidup (live load) berasal dari beban alat transportasi, w , yang melintas di atas jalur pipa. Pembebanan berasal dari beban roda (P) yang melintas di atasnya. Beban roda diambil dari beban maximum roda dari single axle truck, P_s ,

Selain itu, beban hidup juga menimbulkan tegangan siklik longitudinal (ΔS_{Lh})

$$\Delta S_{Lh} = K_{Lh} \cdot G_{Lh} \cdot R \cdot L \cdot F_i \cdot w \quad (3)$$

Dimana K_{Lh} merupakan faktor kekakuan jalan raya untuk tegangan siklik longitudinal, G_{Lh} merupakan faktor geometri jalan raya untuk tegangan siklik longitudinal.

2.3 Tegangan Akibat Beban Internal

Tegangan akibat internal merupakan tegangan sirkumferensial yang dipengaruhi oleh besarnya tekanan internal. Menurut ketentuan API RP 1102 besarnya tegangan sirkumferensial akibat tekanan internal tersebut adalah [1]:

$$SHi(barlow) = pD/2tw \quad (4)$$

$$S_{Hi(barlow)} \leq F \times E \times T \times SMYS \quad (5)$$

Dimana p merupakan tekanan, D merupakan diameter pipa, T_w merupakan ketebalan dinding pipa.

2.4 Principal & Effective Stress

Pemeriksaan tegangan yang diijinkan juga dapat dilakukan dengan membandingkan total tegangan efektif dan $SMYS \times F$, dibutuhkan perhitungan tegangan principal (S_1, S_2, S_3) untuk mendapatkan tegangan efektif, perhitungan dapat menggunakan formula berikut (API 1102, 2017).

$$S_1 = S_{He} + \Delta S_{Hl} + S_{Hi} \quad (6)$$

$$S_2 = \Delta S_i - E_e a \cdot (T_2 - T_1) + v(S_{He} + S_{Hi}) \quad (7)$$

$$S_3 = -P \quad (8)$$

