



Evaluasi dan Analisis Kekuatan Jembatan Pipa Armco Berdasarkan Tegangan Izin pada Proyek Pembangunan Jalan Inspeksi JDU-JDP Ibu Kota Negara (IKN)

Hariyanto^{1*}, Fathurrahman¹, Ruliana Febrianty¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Kalimantan MAB Banjarmasin, Indonesia

*Corresponding Author's e-mail: h4r1y4nt0151000@gmail.com

Article History:

Received: August 1, 2026

Revised: August 13, 2026

Accepted: August 31, 2026

Keywords:

Armco pipe bridge, allowable stress, Ring Compression Theory, soil-structure interaction, IKN

Abstract: The Armco pipe bridge is a Corrugated Steel Pipe (CSP) structure that relies on soil-structure interaction to support road infrastructure loads. This study evaluates the structural strength of the Armco pipe bridge on the JDU-JDP Inspection Road construction project in the National Capital City (IKN) using the Allowable Stress Design (ASD) method and the Ring Compression Theory referring to ASTM A796 and SNI 1725:2016. Data processing combined manual calculation in Excel with numerical simulation using ETABS software. The pipe under study has a diameter of 2,100 mm, a plate thickness of 3.5 mm, and a soil cover depth of 2.1 m. The results show an actual stress (σ_{actual}) of 194.310 MPa, below the allowable stress ($\sigma_{\text{allowable}}$) of 210 MPa with a safety factor of 2, giving a stress ratio of 0.925 and confirming that the structure is safe. The shear stress reaches 88.340 MPa, also within the allowable limit. Deflection analysis records a deflection of 2.699 mm, far below the maximum allowable deflection of 105 mm. The soil cover depth is shown to influence load distribution: a deeper embankment widens the spread of live load before it reaches the pipe crown, reducing the vertical pressure received by the pipe wall. These findings confirm that the Armco pipe bridge is a safe and efficient structural solution.

Copyright © 2026, The Author(s).

This is an open access article under the CC-BY-SA license



How to cite: Hariyanto, H., Fathurrahman, F., & Febrianty, R. (2026). Evaluasi dan Analisis Kekuatan Jembatan Pipa Armco Berdasarkan Tegangan Izin pada Proyek Pembangunan Jalan Inspeksi JDU-JDP Ibu Kota Negara (IKN). *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 5(8), 4202–4210. <https://doi.org/10.55681/sentri.v5i8.7125>

PENDAHULUAN

Pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) yang telah ditetapkan melalui Keputusan Presiden direspons secara cepat oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui pembentukan Satuan Tugas di bawah koordinasi Direktorat Jenderal Cipta Karya, yang bertugas menyiapkan penataan kawasan dan infrastruktur dasar permukiman IKN. Salah satu programnya adalah pembangunan Sistem Perpipaan Transmisi Air Minum (SPAM) Sepaku Paket 1 yang dilanjutkan dengan Jaringan Distribusi Umum (JDU) dan Jaringan Distribusi Pembagi (JDP). Pembangunan jaringan perpipaan tersebut dilengkapi dengan jalan inspeksi dan jembatan pipa Armco sebagai bangunan pendukung yang menghubungkan lokasi-lokasi yang terpisah oleh saluran air maupun lembah di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP).

Jembatan pipa baja bergelombang, yang secara komersial dikenal sebagai Armco atau *Corrugated Steel Pipe* (CSP), banyak digunakan pada jalan inspeksi di IKN karena pemasangannya relatif cepat, biayanya lebih ekonomis, serta mampu menahan beban

melalui interaksi antara struktur pipa dan tanah di sekelilingnya (*soil-structure interaction*). Ketebalan timbunan di atas pipa berperan sebagai media transfer beban sekaligus memberikan dukungan lateral, sehingga variasinya menentukan kekuatan struktur secara langsung dalam berbagai penerapan CSP sebagai pengganti *box culvert* [1]. Studi pada jembatan Armco di Universitas Borneo Tarakan juga menegaskan bahwa struktur dinyatakan aman selama tegangan aktual berada di bawah tegangan izin material pada setiap tahap pembebanan [2].

Meski unggul dari sisi fleksibilitas, keamanan struktural pipa Armco tetap bertumpu pada kemampuannya menahan gaya tekan perimeter. Berdasarkan *Ring Compression Theory* yang menjadi acuan standar ASTM A796/A796M-10, kegagalan utama struktur fleksibel di bawah timbunan tanah dalam (*deep burial*) atau beban lalu lintas berat bukanlah kegagalan lentur, melainkan kegagalan tekuk dinding pelat (*wall buckling*) atau kegagalan sambungan baut (*seam failure*) [3]. Evaluasi kekuatan struktur baja bergelombang berdasarkan tipe dan ketebalan pelat turut memperkuat pentingnya kesesuaian antara ketebalan pelat (*gauge*) dan kedalaman timbunan dalam menjaga tegangan aktual tetap berada di bawah batas izin [4].

Penentuan tegangan izin (*allowable stress*) material baja bergelombang menjadi parameter paling kritis dalam perancangan pipa Armco, yang diperoleh dari tegangan leleh baja (*yield strength*) direduksi oleh faktor keamanan tertentu sesuai standar ASTM A796 maupun beban rencana pada SNI 1725:2016 tentang pembebanan jembatan [5]. Di lapangan, ketidakpastian parameter tanah timbunan, variasi ketebalan pelat, serta beban kendaraan yang melampaui rencana (*over dimension over load*) tetap menjadi tantangan yang berpotensi mendorong tegangan aktual melampaui tegangan izin, sehingga memicu deformasi plastis hingga kegagalan struktural total yang membahayakan pengguna jalan di atasnya.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menghitung nilai tegangan aktual yang terjadi pada dinding pipa Armco akibat beban di atasnya; (2) mengevaluasi keamanan struktur melalui perbandingan tegangan aktual dan tegangan izin material sesuai standar ASTM A796 dan SNI 1725:2016; (3) menganalisis hubungan perilaku struktural pipa terhadap variasi kedalaman timbunan tanah di atas struktur; dan (4) mengukur efisiensi penggunaan jembatan pipa Armco dari segi keamanan struktural pada proyek pembangunan Jalan Inspeksi JDU-JDP Ibu Kota Negara (IKN).

LANDASAN TEORI

Konsep Jembatan Pipa Armco dan Interaksi Tanah-Struktur

Jembatan pipa Armco atau *Corrugated Steel Pipe* (CSP) merupakan struktur komposit yang memanfaatkan interaksi antara tanah dan baja (*soil-steel structure*). Berbeda dengan jembatan beton konvensional, pipa baja bergelombang dirancang fleksibel untuk menyalurkan beban di atasnya menjadi gaya tekan radial yang kemudian ditahan oleh tekanan tanah di sekitarnya, sementara profil gelombang pada pelat baja berfungsi meningkatkan momen inersia penampang tanpa menambah ketebalan pelat secara signifikan. Sifat fleksibel ini memungkinkan pipa Armco mengalami defleksi minor untuk memobilisasi tekanan tanah di sekelilingnya, sehingga beban tidak dipikul sendirian oleh dinding pipa, melainkan didistribusikan ke massa tanah di sekitarnya [1]. Studi struktur dan sistem perpipaan pada konstruksi teknik sipil menegaskan bahwa tanah di atas pipa berfungsi sebagai media transfer beban sekaligus komponen yang memberikan dukungan

lateral, sehingga variasi kedalamannya secara langsung menentukan apakah pipa akan mengalami kegagalan tekuk atau tetap berada dalam batas tegangan izin materialnya [7].

Ring Compression Theory dan Gaya Tekan Aksial

Metode evaluasi utama untuk pipa baja bergelombang fleksibel didasarkan pada Ring Compression Theory. Beban yang berasal dari berat sendiri tanah timbunan (*dead load*) dan beban lalu lintas (*live load*) di atas struktur akan menekan dinding pipa, dan beban vertikal tersebut ditransformasikan menjadi gaya tekan aksial di sepanjang dinding lingkaran pipa. Menurut ASTM A796/A796M-10, gaya tekan total per satuan panjang dinding pipa (T_f) dihitung dari tekanan total vertikal di puncak pipa (P_v) dan bentang nominal pipa (S) [3]. Kinerja pipa baja bergelombang sangat bergantung pada interaksi tanah terhadap struktur dan kekakuan tanah di sekelilingnya, dengan nilai faktor kekakuan tanah (k) sebesar 0,22 untuk material timbunan sampling yang baik dan dipadatkan hingga 90% kepadatan standar [3].

Tegangan Aktual dan Tegangan Izin (Allowable Stress Design)

Analisis keamanan struktur pipa Armco umumnya menggunakan metode Tegangan Aktual (*Actual Stress Design*). Struktur dinyatakan aman apabila tegangan kerja atau tegangan aktual (σ_{aktual}) yang terjadi akibat beban layan tidak melampaui batas tegangan izin material (σ_{izin}) yang telah direduksi oleh faktor keamanan tertentu, atau $\sigma_{\text{aktual}} \leq \sigma_{\text{izin}}$ [3]. Tegangan izin diperoleh dari tegangan leleh baja (f_y) yang direduksi oleh faktor keamanan (Ω atau FS); tegangan leleh baja struktur umumnya bernilai 250–300 MPa menurut ketentuan mutu baja pada SNI 1729:2002, meskipun di lapangan kini lebih umum dipakai baja bermutu 420–500 MPa dengan alasan keamanan struktur [6]. Pipa berdiameter besar dengan timbunan tanah dangkal rentan terhadap kegagalan tekuk lokal (*local buckling*), sehingga tegangan izin juga harus dievaluasi terhadap tegangan tekuk kritis (σ_{cr}); apabila tegangan tekuk kritis lebih kecil dari tegangan leleh, maka σ_{cr} digunakan sebagai pengganti f_y dalam menentukan tegangan izin [4].

Tegangan Geser dan Kontrol Tekuk Dinding Pipa

Tegangan geser pada pipa Armco adalah tegangan yang bekerja sejajar dengan bidang penampang baja bergelombang akibat gaya geser dari beban tanah timbunan maupun beban lalu lintas di atasnya, dan dihitung berdasarkan gaya geser (V), momen statis area (Q), momen inersia penampang (I), serta tebal pipa (t) sesuai SNI 1729:2002 [6]. Kriteria keamanan struktur mensyaratkan $\sigma_{\text{aktual}}/\sigma_{\text{izin}} \leq 1$; apabila rasio tersebut lebih besar dari 1, struktur dinyatakan tidak aman dan solusi yang dapat dilakukan adalah menambah ketebalan tanah urug, mempertebal profil pelat baja, atau meningkatkan pemadatan tanah timbunan di atas pipa (*backfill*) [4].

Penelitian Terdahulu

Sejumlah penelitian telah mengevaluasi kekuatan struktur pipa dan tegangan izin material menggunakan pendekatan yang beragam. Analisis tegangan pipa pada sistem uap menggunakan simulasi perangkat lunak Caesar II membuktikan bahwa tegangan aktual dapat dipertahankan di bawah tegangan izin melalui bantuan perangkat lunak [11], sementara analisis tegangan pipa pada sistem geothermal berbasis metode numerik ASME menunjukkan tegangan izin sebesar $\pm 1.202 \text{ kg/cm}^2$ dengan sistem yang masih berada dalam batas aman [12]. Studi perencanaan jalur pipa berdasarkan ASME B31.4 menetapkan allowable stress dari nilai SMYS (*Specified Minimum Yield strength*) dan faktor

desain [19]. Pada struktur Armco secara spesifik, evaluasi kekuatan pipa terhadap beban lalu lintas menunjukkan bahwa pipa mampu menahan beban selama tegangan kerja lebih kecil dari tegangan izin dengan faktor keamanan yang memadai [13], sedangkan asesmen dan perkuatan jembatan pipa Ciasem justru menemukan lendutan berlebih yang memerlukan solusi perkuatan struktural [9]. Studi dan analisis desain jembatan komposit corrugated steel plate turut menegaskan efektivitas CSP sebagai struktur komposit alternatif [14], dan perencanaan jembatan baja pipa air berdiameter 1.900 mm di Pasuruan membuktikan bahwa struktur memenuhi syarat kekuatan dan stabilitas ketika dianalisis dengan pendekatan SNI dan LRFD [10].

Penelitian ini berfokus pada jembatan pipa Armco pada proyek pembangunan Jalan Inspeksi JDU-JDP di Ibu Kota Negara (IKN). Berbeda dari penelitian-penelitian terdahulu yang umumnya membandingkan tegangan aktual dan tegangan izin secara umum, penelitian ini secara eksplisit menganalisis hubungan antara variasi kedalaman tanah timbunan (*overfill*) terhadap stabilitas struktur, menggabungkan perhitungan manual berbasis Excel dengan simulasi ETABS, sehingga memberikan pemetaan perilaku mekanika pipa yang lebih akurat pada konteks pembangunan infrastruktur strategis nasional..

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang difokuskan pada evaluasi dan analisis kekuatan struktur jembatan dengan penerapan metode tegangan izin (*allowable stress design*), yaitu menilai keamanan jembatan dengan membandingkan tekanan nyata yang diterima pipa (tegangan aktual) terhadap batas kemampuan maksimal material baja (tegangan izin). Data teknis dikumpulkan langsung dari lapangan, kemudian diolah melalui perhitungan manual maupun simulasi perangkat lunak; struktur dinyatakan aman apabila tegangan aktual yang terjadi lebih kecil atau sama dengan tegangan izin material.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada jembatan pipa Armco Jalan Inspeksi Jaringan Distribusi Umum–Jaringan Distribusi Pembagi (JDU–JDP) Sepaku Paket 1 yang berlokasi di Desa Bukit Raya, Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara (PPU), Provinsi Kalimantan Timur, tepat pada kawasan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN).

Data Penelitian

Data primer diperoleh dari survei langsung di lapangan, meliputi dimensi pipa Armco (diameter, tebal pelat, dan panjang pipa), kondisi tanah timbunan, tinggi timbunan di atas pipa, serta beban yang bekerja di atas jembatan pipa. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait berupa standar perencanaan (SNI 6719:2015, SNI 1725:2016, SNI 1729:2002, SNI 1729:2020, AASHTO LRFD *Bridge Design Specifications* 2017, dan ASTM A796/A796M-10), data beban lalu lintas, sifat material baja (f_y dan f_u), serta literatur terkait jembatan pipa Armco [5][6][15][16][17].

Tahapan Analisis

Tahapan analisis meliputi: (1) penentuan beban yang bekerja pada struktur, yaitu beban mati (berat sendiri pipa, berat tanah timbunan, dan berat perkerasan) serta beban hidup (lalu lintas kendaraan) sesuai kombinasi pembebanan pada SNI 1725:2016; (2) perhitungan gaya dalam dan gaya tekan cincin (T_f) berdasarkan Ring Compression

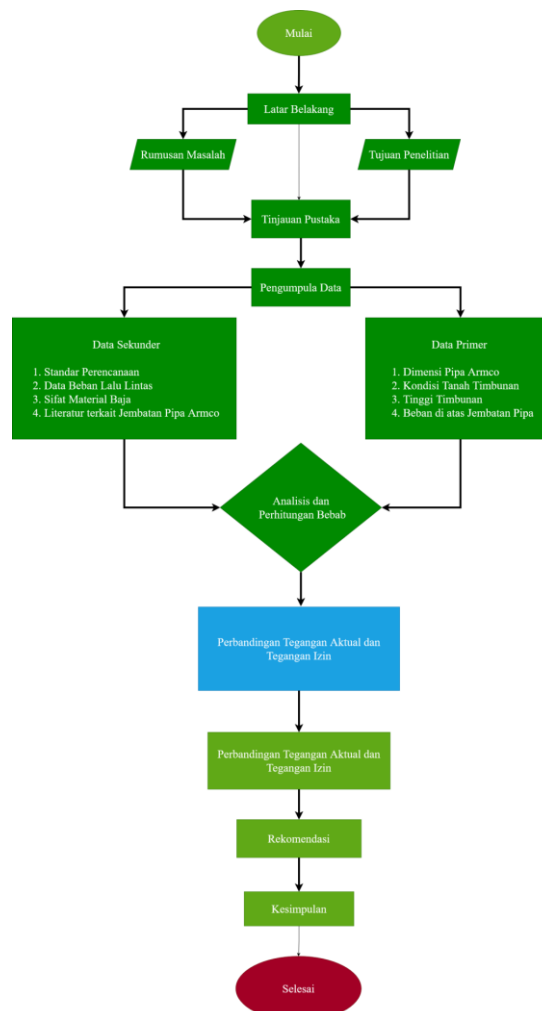
Theory; (3) perhitungan tegangan aktual, tegangan geser, dan tegangan izin material; (4) evaluasi keamanan struktur melalui perbandingan σ_{aktual} terhadap σ_{izin} ; serta (5) analisis hubungan kedalaman timbunan tanah terhadap stabilitas struktur dan interpretasi hasil.

Perangkat Analisis

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada pipa Armco dilakukan melalui dua tahap, yaitu perhitungan manual menggunakan Excel dan simulasi menggunakan perangkat lunak ETABS. Hasil perhitungan manual digunakan sebagai input beban pada pemodelan ETABS, sehingga diperoleh sinkronisasi antara hasil perhitungan analitis dan hasil simulasi numerik.

Bagan Alir Penelitian

Alur penelitian ini disusun secara sistematis menggunakan pendekatan analitis deskriptif kuantitatif. Secara umum, bagan alir penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dan Sifat Mekanis Material Pipa Armco

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan data perencanaan, jembatan pipa Armco pada Jalan Inspeksi JDU-JDP Sepaku Paket 1 IKN memiliki tipe struktur pipa Armco bergelombang (*multi plate*) dengan diameter 2.100 mm, panjang bentang 6,50 m, tebal pelat baja 3,5 mm, jenis material Nestable Flange E-100, dan tebal tanah timbunan 2,1 m. Data material menunjukkan tegangan leleh (f_y) sebesar 420 MPa, tegangan ultimit (f_u) sebesar 815 MPa, dan modulus elastis (E) sebesar 200.000 MPa sesuai ketentuan SNI 1729:2002 [6].

Tabel 1. Data Geometrik dan Sifat Mekanis Pipa Armco

Parameter	Nilai
Diameter pipa	2.100 mm
Panjang bentang	6,50 m
Tebal pelat baja	3,5 mm
Kedalaman timbunan (soil cover)	2,1 m
Tegangan leleh (f_y)	420 MPa
Tegangan ultimit (f_u)	815 MPa
Modulus elastis (E)	200.000 MPa
Faktor keamanan (FS)	2

Analisis Tegangan pada Dinding Pipa Armco

Perhitungan gaya normal pada penampang pipa ($A = \pi \times D \times L = 42,861 \text{ m}^2$) menghasilkan tegangan normal sebesar $0,710 \text{ ton/m}^2$, nilai yang sangat kecil dibandingkan tegangan izin baja bergelombang (100–250 MPa) sesuai ASTM A796/A796M dan SNI 1729:2002 [3][6]. Analisis *Ring Compression Theory* dengan tekanan vertikal total di puncak pipa sebesar 792,457 kPa dan bentang nominal 2,1 m menghasilkan gaya tekan cincin (T_f) sebesar 83.207,985 kN/m, yang kemudian dikonversi menjadi tegangan aktual (σ_{aktual}) pada dinding pipa sebesar 194,310 MPa.

Perhitungan tegangan geser, berdasarkan gaya geser (V) 4,493 kN/m dan momen statis area (Q) 10,401 kN/m pada tebal pelat 3,5 mm, menghasilkan tegangan geser (τ) sebesar 88,340 MPa yang masih berada di bawah tegangan izin geser baja 100–250 MPa [6]. Sementara itu, tegangan izin (σ_{izin}) dihitung dari tegangan leleh baja ($f_y = 420 \text{ MPa}$) yang direduksi faktor keamanan ($FS = 2$), menghasilkan nilai 210 MPa.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Analisis Tegangan pada Dinding Pipa Armco

Parameter	Nilai	Keterangan
Tegangan normal (σ_{normal})	$0,710 \text{ ton/m}^2$	Sangat kecil terhadap σ_{izin}
Gaya tekan cincin (T_f)	83.207,985 kN/m	Ring Compression Theory
Tegangan aktual (σ_{aktual})	194,310 MPa	$< \sigma_{\text{izin}}$

Parameter	Nilai	Keterangan
Tegangan geser (τ)	88,340 MPa	$< \sigma_{izin}$ geser
Tegangan izin (σ_{izin})	210 MPa	$f_y = 420$ MPa, FS = 2

Rekapitulasi Beban yang Bekerja pada Struktur

Perhitungan beban yang bekerja pada jembatan pipa Armco mencatat berat sendiri pipa sebesar 17,287 kN, berat tanah timbunan sebesar 702,293 kN, berat perkerasan aspal sebesar 13,795 kN, beban dimensi (FBD) sebesar 146,25 kN, beban lajur “D” sebesar 51,975 kN, dan beban truk “T” sebesar 7,072 kN. Rekapitulasi kombinasi beban maksimum pada masing-masing kategori disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Beban Kombinasi pada Pipa Armco

Jenis Kombinasi	MS (kN)	MA (kN)	TD (kN)	TT (kN)
Kombinasi I	17,287	–	–	–
Kombinasi II	–	723,902	–	–
Kombinasi III	–	–	785,385	–
Kombinasi IV	–	–	–	792,457

Tabel beban kombinasi tersebut menjadi dasar sistematis untuk mengecek keamanan jembatan pipa Armco; nilai total beban pada Kombinasi IV (792,457 kPa) yang digunakan sebagai tekanan vertikal puncak pipa tetap menghasilkan tegangan aktual di bawah tegangan izin, sehingga jembatan dinyatakan aman digunakan.

Kontrol Keamanan dan Efisiensi Struktur

Kontrol keamanan struktur menunjukkan $\sigma_{aktual} \leq \sigma_{izin}$, yaitu $194,310 \text{ MPa} \leq 210 \text{ MPa}$, dengan rasio tegangan aktual terhadap tegangan izin sebesar 0,925. Karena rasio tersebut kurang dari 1, struktur pipa Armco dinyatakan aman sesuai ketentuan SNI 1729:2002 dan ASTM A796/A796M, yang mensyaratkan rasio tegangan aktual terhadap tegangan izin tidak melebihi 1 agar struktur dinyatakan mampu menahan beban [6]. Analisis deformasi lebih lanjut mencatat lendutan aktual sebesar 2,699 mm, jauh di bawah batas lendutan izin maksimal sebesar 105 mm, sehingga struktur juga memenuhi kriteria kekakuan (*serviceability*) di samping kriteria kekuatan.

Simulasi numerik menggunakan perangkat lunak ETABS, mencakup pemodelan dua dimensi dan tiga dimensi struktur pipa Armco beserta input properti material dan beban kerja, menghasilkan gaya dalam yang konsisten dengan hasil perhitungan manual, sehingga memperkuat keandalan hasil analisis tegangan aktual pada penelitian ini.

Hubungan Kedalaman Timbunan terhadap Stabilitas Struktur

Berat total tanah timbunan di atas pipa dengan dimensi panjang 6,5 m, lebar 3 m, tebal 2,1 m, dan berat jenis tanah 1.750 kg/m^3 tercatat sebesar 702,293 kN, yang jika dikonversi terhadap luas penampang pipa $42,861 \text{ m}^2$ hanya menghasilkan tegangan sebesar $0,000016 \text{ MPa}$, jauh di bawah tegangan izin baja 210 MPa. Kedalaman tanah timbunan memiliki hubungan berbanding lurus dengan gaya dorong akibat beban mati: semakin dalam pipa ditanam, semakin besar beban tanah yang menekan dinding pipa. Namun demikian, kedalaman timbunan yang lebih dalam juga memperluas penyebaran

beban hidup di permukaan sebelum mencapai mahkota pipa (*soil arching*), sehingga mengurangi intensitas tekanan vertikal yang diterima dinding baja secara langsung — sejalan dengan temuan bahwa ketebalan timbunan di atas pipa berpengaruh langsung terhadap kekuatan *Corrugated Steel Pipe* sebagai pengganti box culvert [1], dengan batas ketebalan minimum tanah urug sebesar 30 cm untuk pipa berdiameter 0,3–2 m dan 45 cm untuk pipa berdiameter 2,5–3 m [7].

Pembahasan

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa jembatan pipa Armco pada proyek Jalan Inspeksi JDU-JDP IKN memenuhi seluruh kriteria keamanan struktural yang disyaratkan standar ASTM A796 dan SNI 1725:2016, baik dari sisi tegangan aktual, tegangan geser, maupun lendutan. Rasio tegangan aktual terhadap tegangan izin sebesar 0,925 menunjukkan bahwa penggunaan pelat baja setebal 3,5 mm tergolong efisien karena mendekati kapasitas optimalnya tanpa melampaui batas keamanan, sejalan dengan temuan pada evaluasi kekuatan pipa Armco terhadap beban lalu lintas yang menyatakan pipa mampu menahan beban selama tegangan kerja lebih kecil dari tegangan izin dengan faktor keamanan yang cukup [13]. Kondisi ini berbeda dengan temuan pada jembatan pipa Ciasem yang mengalami lendutan berlebih dan memerlukan perkuatan tambahan [9], sehingga menegaskan bahwa kombinasi ketebalan pelat 3,5 mm dan kedalaman timbunan 2,1 m pada penelitian ini berada pada rentang desain yang tepat untuk kondisi pembebanan di lapangan.

Efisiensi penggunaan pipa Armco pada proyek IKN juga tercermin dari sisi praktis pelaksanaan, karena struktur ini tidak memerlukan waktu tunggu pengerasan seperti pada konstruksi beton konvensional, sehingga mempercepat penyelesaian pekerjaan jaringan transmisi air minum di kawasan strategis nasional tersebut. Meskipun demikian, keberhasilan performa struktur ini tetap bergantung pada kualitas pemadatan tanah timbunan dan pengawasan beban kendaraan di lapangan, mengingat rasio tegangan aktual terhadap tegangan izin yang sudah mendekati 1 memberi ruang toleransi yang relatif terbatas terhadap potensi kenaikan beban di masa mendatang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kekuatan jembatan pipa Armco pada Proyek Pembangunan Jalan Inspeksi JDU-JDP Ibu Kota Negara (IKN), dapat disimpulkan: (1) tegangan aktual (σ_{aktual}) yang terjadi pada dinding pipa Armco berdiameter 2.100 mm, tebal pelat 3,5 mm, dan kedalaman timbunan 2,1 m adalah sebesar 194,310 MPa; (2) struktur dinyatakan aman dan memenuhi standar ASTM A796 dan SNI 1725:2016 karena tegangan aktual tersebut masih berada di bawah tegangan izin (σ_{izin}) sebesar 210 MPa, dengan lendutan aktual 2,699 mm jauh di bawah batas izin 105 mm; (3) perilaku struktural pipa Armco sangat dipengaruhi oleh interaksi tanah-struktur, di mana semakin dalam timbunan tanah maka penyebaran beban hidup semakin luas sebelum mencapai mahkota pipa sehingga mengurangi intensitas tekanan vertikal pada dinding baja; dan (4) penggunaan pipa Armco pada proyek IKN tergolong efisien dengan rasio tegangan sebesar 0,925, yang menunjukkan pemanfaatan material baja tipis secara optimal dalam memikul beban berat sekaligus mempercepat pelaksanaan konstruksi dibandingkan struktur beton konvensional.

DAFTAR REFERENSI

1. Dwi Ratna Nur Farokha. (2019). Analisis Desain Corrugated Steel Pipe sebagai konstruksi gorong-gorong pada sistem drainase PT. Krakatau Posco. *Buletin Profesi Insinyur*, 2(1), 41–44.
2. Kiki Setyo Wulandari. (2020). Analisis Jembatan Armco di Universitas Borneo Tarakan. Universitas Borneo Tarakan.
3. ASTM. (2010). Standard Practice for Structural Design of Corrugated Steel Pipe, Pipe-Arches, and Arches for Storm and Sanitary Sewers and Other Buried Applications. https://doi.org/10.1520/A0796_A0796M-10
4. Hardiansyah Putra. (2022). Evaluasi Kekuatan Struktur Baja Bergelombang Berdasarkan Tipe dan Ketebalan. *Jurnal Jalan Jembatan*, 36(2), 91–102.
5. Standar Nasional Indonesia. (2016). SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan.
6. Standar Nasional Indonesia. (2002). SNI 1729:2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. <https://ocw.upj.ac.id/files/Textbook-TSP306-SNI-03-1729-2002-Baja.pdf>
7. Astuti, S. W. (2018). Studi Struktur dan Sistem Perpipaan pada Konstruksi Teknik Sipil.
8. ASTM. (2024). Evaluation of Corrugated Steel Pipe under Soil Load. *Journal of Testing and Evaluation (ASTM)*, 51(4), 123–134.
9. Sumargo. (2020). Asesmen dan Perkuatan Jembatan Pipa Ciasem. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 11(1).
10. Agus Sulaksono. (2020). Studi pada Penggunaan Balok Lentur WF.350.175.7.11: Perencanaan Jembatan Baja Pipa Air Diameter 1.900 mm. Universitas Muhammadiyah Surabaya.
11. Pridyatama. (2021). Analisa Tegangan Pipa Steam Menggunakan Software Caesar II.
12. Putra. (2024). Analisis Tegangan Pipa pada Sistem Geothermal.
13. Ruddy Kurniawan. (2021). Evaluasi Kekuatan Pipa Armco pada Beban Lalu Lintas. Universitas Diponegoro.
14. Saifullah, Y. (2025). Analisis Jembatan Pipa PDAM Bentang 40 m. *RENOVASI: Rekayasa dan Inovasi Teknik Sipil*.
15. American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). LRFD Bridge Design Specifications.
16. Standar Nasional Indonesia. (2020). SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
17. Standar Nasional Indonesia. (2015). SNI 6719:2015 Spesifikasi Pipa Baja Bergelombang dengan Lapis Logam Pelindung untuk Pembuangan Air dan Drainase Bawah Tanah.
18. Wibowo, S. A. (2017). Analisa Kesesuaian Pipa Baja Berdasarkan SNI 0068:2013.
19. Yudhistira. (2024). Studi Perencanaan Jalur Pipa Berdasarkan ASME B31.4.