

INTISARI

Beberapa dekade belakangan ini, pipa dianggap sebagai alat transportasi yang paling aman, efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan untuk menyalurkan fluida seperti gas dan minyak bumi. Cacat *dent* merupakan salah satu kerusakan secara mekanik yang banyak terjadi di jaringan perpipaan dan dapat mempengaruhi kinerja pipa secara signifikan. *Dent* merupakan deformasi plastis ke arah dalam pada dinding pipa yang disebabkan oleh suatu kejadian atau tumbukan dari luar sehingga mengakibatkan perubahan bentuk dari penampang pipa dan pengurangan diameter pipa pada daerah yang terdampak.

Pada penelitian ini dilakukan simulasi numerik dengan metode *finite element analysis* pada pipa API 5L X52 untuk mengetahui distribusi deformasi permanen (defleksi), regangan plastis, dan tegangan Von-Mises pada pipa yang mengalami cacat *dent*. Pemodelan simulasi dibuat dan divalidasi berdasarkan eksperimen yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Setelah model tervalidasi, penelitian dilanjutkan dengan melakukan variasi pada diameter indentor dan kedalaman indentasi tanpa tekanan internal. Pembebanan yang digunakan mempertimbangkan kondisi pada *yield strength* dan *ultimate strength* dari material pipa API 5L X52. Penelitian juga dilakukan dengan pembebanan *incremental* untuk merepresentasikan *strain hardening*.

Beberapa kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian dapat dijadikan sebagai referensi dan rekomendasi untuk kondisi aktual yang ditemukan di sistem perpipaan gas dan minyak bumi. Semakin besar diameter indentor yang digunakan berpengaruh terhadap turunnya nilai deformasi permanen (defleksi), regangan plastis, dan tegangan Von-Mises. Variasi diameter indentor yang digunakan adalah 50 mm, 75 mm, 100 mm, dan 125 mm. Nilai deformasi permanen tertinggi terjadi pada diameter indentor 50 mm sebesar 0,956 mm. Nilai regangan plastis terbesar terjadi pada diameter indentor 50 mm sebesar 0,085. Nilai tegangan Von-Mises tertinggi terjadi pada diameter indentor 50 mm sebesar 467,85 MPa. Selain itu, perubahan kedalaman indentasi pada pipa yang mempertimbangkan adanya perilaku *strain hardening* dengan mengaplikasikan pembebanan secara *incremental*, menunjukkan bahwa deformasi permanen (defleksi), regangan plastis, dan tegangan Von-Mises memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan ketika pipa diindentasi pada kondisi awal. Nilai deformasi permanen saat pembebanan awal adalah 0,337 mm dan pembebanan *incremental* adalah 0,302 mm. Nilai regangan plastis saat pembebanan awal adalah 0,033 dan pembebanan *incremental* adalah 0,031. Nilai tegangan Von-Mises saat pembebanan awal adalah 447,9 MPa dan pembebanan *incremental* adalah 445,08 MPa.

Kata kunci : pipa *dent*, *finite element analysis*, deformasi permanen, regangan plastis, tegangan Von-Mises

ABSTRACT

In recent decades, pipelines have been considered the safest, efficient, economical, and environmentally friendly for transporting oil and gas. Dents are one of the most common mechanical damage to pipelines and significantly affect the performance of the pipelines. A dent is a permanent deformation of the circular cross-section of the pipelines caused by an external load resulting in a reduction in the pipeline diameter in the affected area.

In this research, numerical simulation using finite element analysis on API 5L X52 pipelines subjected to denting by a spherical indenter was carried out to determine the distribution of permanent deformation (deflection), plastic strain, and Von-Mises stress. Simulation models were created and validated based on experiments conducted by previous researchers. After the model was validated, the research continued by variations on the indenter diameter and indentation depth without internal pressure. The loading used considers the conditions on the yield strength and ultimate strength of the API 5L X52 pipelines. The research was also carried out with incremental loading to represent strain hardening.

Several conclusions obtained from the research results can be used as references and recommendations for the actual conditions found in oil and gas piping systems. The larger indenter diameter decreases the value of permanent deformation (deflection), plastic strain, and Von-Mises stress. Variations in the indenter diameter are 50 mm, 75 mm, 100 mm, and 125 mm. The highest permanent deformation occurred at 50 mm indenter diameter is 0,956 mm. The highest plastic strain occurred at the 50 mm indenter diameter is 0,085. The highest Von-Mises stress occurred at the 50 mm indenter diameter is 467,85 MPa. Furthermore, changes in the depth of an indentation in the pipelines considering strain hardening behavior by applying incremental loading indicate that the permanent deformation (deflection), plastic strain, and Von-Mises stress have lower values than when the pipe is indented at the initial conditions. The permanent deformation value at initial loading is 0,337 mm and incremental loading is 0,302 mm. The value of plastic strain at initial loading is 0,033 and incremental loading is 0,031. The value of Von-Mises stress during initial loading is 447,9 MPa and incremental loading is 445,08 MPa.

Keywords : dented pipeline, finite element analysis, permanent deformation, plastic strain, Von-Mises stress