

## INTISARI

Selama operasi, bejana tekan silinder akan mengalami berbagai jenis beban internal dan eksternal yang dapat menyebabkan konsentrasi tegangan pada area *nozzle*. Salah satu kombinasi beban yang mungkin terjadi adalah kombinasi antara beban torsi dan momen *in-plane*. Agar desain tidak gagal, momen yang timbul akibat pembebanan harus dijaga agar tidak melebihi momen batas plastis dari *nozzle*. Untuk mencegah kegagalan, penting untuk mempelajari momen batas plastis pada *nozzle* dengan mempertimbangkan berbagai variasi dimensi *shell*, *nozzle*, dan *pad*.

Makalah ini bertujuan guna menghitung batas plastis di *nozzle* bejana tekan silinder yang disebabkan oleh pembebanan torsi serta kombinasi antara torsi dan momen tak sebidang (*in-plane*).

Simulasi dilaksanakan pada berbagai dimensi tebal dan diameter pad, sementara tebal *shell*-nya tetap konstan. Model diberi beban pada *nozzle* secara bertahap sampai masuk ke area plastis-nya. *Finite element analysis* dilaksanakan dengan bantuan *software ANSYS Workbench R2 Static Structural*. Beban batas dihitung berdasarkan kurva beban-deformasi yang menggunakan teori Twice Elastic Slope (TES).

Hasil simulasi mengungkapkan ternyata beban batas plastis pada *nozzle* bejana tekan yang diberikan beban torsi akan meningkat seiring dengan bertambahnya ketebalan dan diameter *pad*. Namun, momen batas plastis tidak akan mengalami kenaikan lebih lanjut setelah ketebalan atau diameter *pad* mencapai nilai optimal yaitu pada tebal *pad* 10 mm dan diameter *pad* 130 mm. Di sisi lain, beban batas plastis pada *nozzle* yang menerima kombinasi beban torsi yang tetap dan variasi momen *in-plane* cenderung lebih kecil dibandingkan dengan kombinasi beban torsi yang bervariasi dan momen *in-plane* yang tetap. Temuan ini menunjukkan bahwa pembebanan torsi mempercepat terjadinya deformasi plastis lebih cepat dibandingkan dengan pembebanan momen *in-plane*.

Nilai guna penelitian ialah untuk menentukan ukuran optimal dari *pad* serta menganalisis pengaruh dari jenis beban yang diberikan di *nozzle* kepada momen batas plastis. Hasil dari penelitian diharapkan mampu memperluas pemahaman tentang perubahan momen batas plastis sebagai dampak dari pembebanan torsi dan kombinasi antara torsi dengan momen *in-plane*. Selain itu, penelitian ini juga memberikan wawasan mengenai pengaruh dimensi *pad* kepada momen batas plastis, yang dapat diterapkan dalam desain untuk mencegah kegagalan pada bejana tekan silinder sesuai dengan pedoman *ASME Section VIII Divisi 2*.

Kata kunci: bejana tekan silinder, momen batas plastis, torsi, momen *in plane*, *pad*

## ABSTRACT

During operation, a cylindrical pressure vessel undergoes various types of internal and external loads that can lead to stress concentration at the nozzle area. One possible load combination is a combination of torsional load and in-plane moment. To prevent design failure, the moment resulting from the loading must be controlled so that it does not exceed the plastic limit moment of the nozzle. To avoid failure, it is important to study the plastic limit moment of the nozzle by considering various variations in the dimensions of the shell, nozzle, and pad..

This paper aims to calculate the plastic limit moment at the nozzle of a cylindrical pressure vessel caused by torque loading and the combination of torque and in-plane moment.

Simulations were carried out with various pad thickness and diameter dimensions, while the shell thickness remained constant. The model was loaded at the nozzle gradually until it reached the plastic region. Finite Element Analysis was performed using the ANSYS Workbench R2 Static Structural software. The limit load was calculated based on the load-deformation curve using the Twice Elastic Slope (TES) theory.

The simulation results reveal that the plastic limit load at the nozzle of the pressurized vessel subjected to torque load increases with increasing pad thickness and diameter. However, the plastic limit moment will not increase further once the thickness or diameter of the pad reaches the optimal value, which is a pad thickness of 10 mm and a pad diameter of 130 mm. On the other hand, the plastic limit load on the nozzle subjected to a combination of constant torque load and varying in-plane moments tends to be lower compared to the combination of varying torque load and constant in-plane moment. These findings suggest that torque loading accelerates plastic deformation more quickly than in-plane moment loading.

The usefulness of this research is to determine the optimal pad size and analyze the effect of different types of loads applied to the nozzle on the plastic limit moment. The results of the study are expected to expand the understanding of changes in the plastic limit moment as a result of torque loading and its combination with in-plane moments. Additionally, this research provides insights into the effect of pad dimensions on the plastic limit moment, which can be applied in design to prevent failure in cylindrical pressure vessels in accordance with ASME Section VIII Division 2 guidelines.

**Keywords :** Cylindrical pressure vessel, plastic limit moment, torque, moment in plane, pad