Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 14, No. 3, Tahun 2026
Online: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm

ANALISIS NUMERIK DAN STUDI EKSPERIMENTAL TEGANGAN GESER PADA SAMBUNGAN *RIVETED JOINT* DENGAN VARIASI TIPE SAMBUNGAN DAN KONFIGURASI GEOMETRIK

Khoirul Dimas Veri Anjaswara[1], Ojo Kurdi[2], Ismoyo Haryanto[2]
[1]Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
[2]Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, S.H., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059
*E-mail: khoiruldimasanjaswara@gmail.com

Abstrak

Sambungan paku keling (*riveted joint*) masih banyak digunakan pada struktur yang memerlukan ketahanan terhadap beban dinamis, getaran, dan kelelahan material. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi tipe sambungan (*lap joint* dan *butt joint*) serta konfigurasi geometri rivet *(chain pattern, staggered pattern*, *dan longitudinal single-row pattern*) terhadap distribusi tegangan geser dan mekanisme kegagalan sambungan. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen melalui pengujian tarik pada spesimen baja AISI 1020 dan simulasi numerik menggunakan metode elemen hingga Finite Element Method (FEM) pada perangkat lunak ANSYS Workbench. Hasil simulasi digunakan untuk memperoleh distribusi tegangan von Mises dan deformasi total, kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian eksperimental untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian model numerik. Secara umum, variasi konfigurasi rivet dan tipe sambungan memberikan pengaruh terhadap distribusi tegangan, deformasi, serta lokasi konsentrasi tegangan pada sambungan. Konfigurasi dengan distribusi beban yang lebih merata menunjukkan kemampuan menahan beban yang lebih baik dibandingkan konfigurasi lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sambungan *lap joint* memiliki kinerja mekanik yang lebih baik dibandingkan *butt joint*. Konfigurasi *Chain Pattern Lap Joint* memberikan performa terbaik, sedangkan *Longitudinal Pattern Lap Joint* menghasilkan distribusi tegangan yang lebih merata. Hasil simulasi numerik juga menunjukkan kesesuaian dengan hasil pengujian eksperimen sehingga mampu merepresentasikan perilaku mekanik sambungan rivet dengan baik. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam perancangan sambungan rivet pada struktur baja yang lebih aman dan efisien.
Kata Kunci: *ansys*; *finite element method*; *riveted joint*; *tegangan geser*; *uji tarik*

Abstract

Riveted joints are still widely used in structures requiring high resistance to dynamic loading, vibration, and material fatigue. This study aims to analyze the effects of joint type (lap joint and butt joint) and rivet geometric configuration (chain pattern, staggered pattern, and longitudinal single-row pattern) on shear stress distribution and joint failure mechanisms. The research was conducted through experimental tensile testing on AISI 1020 steel specimens and numerical simulation using the Finite Element Method (FEM) in ANSYS Workbench. The simulation results were used to evaluate the von Mises stress distribution and total deformation and were compared with the experimental results to assess the accuracy of the numerical model. In general, variations in joint type and rivet configuration significantly affected the stress distribution, deformation, and stress concentration around the rivet holes. Configurations with a more uniform load distribution exhibited better load-carrying performance than the others. The results indicate that the lap joint exhibited better mechanical performance than the butt joint. The Chain Pattern Lap Joint provided the best overall performance, while the Longitudinal Pattern Lap Joint produced a more uniform stress distribution. Furthermore, the numerical simulation showed good agreement with the experimental results, demonstrating its capability to accurately represent the mechanical behavior of riveted joints. The findings of this study are expected to serve as a reference for the design of safer and more efficient riveted joints in steel structures.
Keywords: *ansys*; *finite element method*; *riveted joint*; *shear stress*; *tensile test*

1. Pendahuluan

Sambungan paku keling (*riveted joint*) masih banyak digunakan pada konstruksi baja, industri penerbangan, dan sektor transportasi karena memiliki ketahanan yang baik terhadap beban dinamis, getaran, serta kelelahan material [1]. Selain dipengaruhi oleh sifat material, kinerja sambungan juga ditentukan oleh tipe sambungan, konfigurasi geometri rivet, serta distribusi beban yang terjadi pada sambungan mekanik [2], [3].

Perkembangan metode analisis numerik berbasis *Finite Element Method* (FEM) memungkinkan distribusi tegangan, deformasi, dan mekanisme kegagalan sambungan rivet diprediksi secara lebih akurat sebelum dilakukan pengujian eksperimental [4]. Pendekatan tersebut telah banyak diterapkan untuk mengevaluasi perilaku mekanik sambungan rivet menggunakan metode elemen hingga sehingga mampu memberikan hasil yang mendekati kondisi aktual [8].

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi tipe sambungan (*lap joint* dan *butt joint*) serta konfigurasi rivet (*chain pattern, staggered pattern,* dan *longitudinal single-row pattern*) terhadap distribusi tegangan geser

menggunakan metode eksperimen dan simulasi numerik berbasis *Finite Element Method* (FEM) dengan perangkat lunak *ANSYS Workbench* [4], [8]. Hasil penelitian diharapkan menjadi referensi dalam perancangan sambungan rivet yang lebih aman, efisien, dan memiliki distribusi tegangan yang lebih baik.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian menggunakan baja AISI 1020 sebagai material pelat dan rivet dengan dua variasi tipe sambungan (*lap joint* dan *butt joint*) serta tiga konfigurasi rivet (*chain pattern*, *staggered pattern*, dan *longitudinal single-row pattern*). Pengujian eksperimental dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) berdasarkan prosedur ISO 12996:2013. Standar tersebut mengatur dimensi spesimen serta prosedur pengujian geser tarik pada sambungan mekanik sehingga hasil pengujian dapat digunakan untuk mengevaluasi kekuatan dan mekanisme kegagalan sambungan [5], [6]. Selain itu, simulasi numerik dilakukan menggunakan *ANSYS Workbench* berbasis *Finite Element Method* (FEM) untuk menganalisis distribusi tegangan dan deformasi [4]. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian eksperimen sebagai validasi model numerik.

Simulasi numerik dilakukan menggunakan *ANSYS Workbench* berbasis *Finite Element Method* (FEM) untuk menganalisis distribusi tegangan dan deformasi pada sambungan rivet [4], [8]. Tahapan simulasi meliputi pembuatan model geometri, pendefinisian sifat material, proses *meshing*, pemberian *boundary condition*, pembebanan, dan proses *post-processing* untuk memperoleh distribusi *Equivalent (von Mises) Stress, Maximum Shear Stress, dan Total Deformation*. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian eksperimen sebagai validasi model numerik sehingga kesesuaian perilaku mekanik sambungan dapat dievaluasi berdasarkan prinsip desain sambungan mekanik dan struktur baja [2], [10].

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi tipe sambungan (*lap joint* dan *butt joint*) serta konfigurasi geometri rivet memengaruhi distribusi tegangan, deformasi, dan karakteristik mekanik sambungan. Hasil simulasi numerik menggunakan ANSYS menunjukkan bahwa konsentrasi tegangan terjadi di sekitar lubang rivet dan *cover plate*, yang merupakan jalur utama perpindahan beban. Perbedaan konfigurasi rivet menghasilkan pola distribusi tegangan yang berbeda sehingga memengaruhi kemampuan sambungan dalam menahan pembebanan.

Perbandingan hasil simulasi numerik dengan pengujian eksperimen menunjukkan kecenderungan yang sejalan dalam menggambarkan perilaku mekanik sambungan rivet. Mekanisme kegagalan pada seluruh variasi diawali oleh konsentrasi tegangan di sekitar lubang rivet, kemudian diikuti oleh kegagalan geser (*rivet shear failure*) yang menyebabkan sambungan kehilangan kemampuan mentransfer beban. Hal ini menunjukkan bahwa model numerik yang dikembangkan mampu merepresentasikan perilaku dan mekanisme kegagalan sambungan rivet dengan baik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa variasi tipe sambungan dan konfigurasi geometri rivet berpengaruh terhadap distribusi tegangan, deformasi, dan mekanisme kegagalan pada sambungan rivet. Secara umum, lap joint menunjukkan kinerja mekanik yang lebih baik dibandingkan butt joint, sedangkan *Chain Pattern Lap Joint* memberikan kapasitas tarik terbaik. Di sisi lain, *Longitudinal Pattern Lap Joint* menghasilkan distribusi tegangan yang lebih merata sehingga memiliki tingkat konsentrasi tegangan yang lebih rendah. Hasil simulasi numerik menggunakan ANSYS juga menunjukkan kecenderungan yang sejalan dengan hasil pengujian eksperimen, sehingga mampu merepresentasikan perilaku mekanik sambungan rivet dengan baik.

5. Daftar Pustaka

[1] Giorgobiani, I. (2020). *Optimal Modelling of Rivet Joints Using Finite Element Method*.
[2] Kulak, G. L., Fisher, J. W., & Struik, J. H. (2021). *Guide to Design Criteria for Bolted and Riveted Joints*. American Institute of Steel Construction (AISC).
[3] Layuk, K. B., Kasa, A., & Tangaran, B. (2025). Pengaruh Geometri Paku Keling Terhadap Kinerja Sambungan Pada Struktur Rangka Baja. *Paulus Mechanical Engineering Journal*, 3(1), 14–17.
[4] Li, M., Tian, W., Hu, J., Wang, C., & Liao, W. (2021). Study on Shear Behavior of Riveted Lap Joints of Aircraft Fuselage with Different Hole Diameters and Squeeze Forces. *Engineering Failure Analysis*, 127, 105499.
[5] Saritha, G., Iswarya, T., Keerthana, D., & Baig, A. T. D. (2023). Micro universal testing machine system for material property measurement. *Materials Today: Proceedings*.
[6] International Organization for Standardization (ISO). (2013). ISO 12996:2013. Mechanical Joining—Destructive Testing of Joints—Specimen Dimensions and Test Procedure for Tensile Shear Testing of Single Joints.
[7] Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). Shigley's Mechanical Engineering Design. McGraw-Hill Education.
[8] Gopal, S., & Mishra, R. K. (2021). *Finite Element Analysis of Riveted Joint under Tensile Loading*. Materials Today: Proceedings.
[9] Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). *A Textbook of Machine Design.* S. Chand Publishing.
[10] Salmon, C. G., Johnson, J. E., & Malhas, F. A. (2021). *Steel Structures: Design and Behavior.* Pearson.