

IMPROVEMENT DESAIN SUPPORT PIPA SIPHONIC TERHADAP BEBAN EKSPANSI TERMAL MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT METHOD (FEM)

*Muhammad Arif Nuruzzaman¹, Ojo Kurdi², Achmad Widodo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +6282223068743

*E-mail: arifnuruzzaman31@gmail.com

Abstrak

Sistem drainase siphonic merupakan metode distribusi air hujan yang memanfaatkan tekanan negatif untuk meningkatkan efisiensi aliran pada jaringan perpipaan [1][2]. Dalam penerapannya, *support* pipa memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan sistem terhadap pembebanan mekanis dan pengaruh ekspansi termal akibat perubahan suhu lingkungan [3][4]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh beban ekspansi termal terhadap performa *support* pipa siphonic serta menentukan desain *support* yang lebih optimal untuk kondisi iklim tropis di Indonesia. Metode penelitian menggunakan pendekatan *Finite Element Method* (FEM) berbasis perangkat lunak ANSYS melalui simulasi *steady-state thermal* dan *static structural* [5][6]. Analisis dilakukan pada kondisi hujan dan panas berdasarkan data temperatur lingkungan dengan parameter evaluasi performa struktur. Variasi desain dilakukan pada posisi *bracing*, geometri *omega*, geometri *connection*, dan diameter longdrat untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap performa struktur *support*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pembebanan termal memberikan pengaruh signifikan terhadap distribusi tegangan dan deformasi pada *support* pipa *siphonic*. Variasi geometri *omega* menghasilkan performa struktur terbaik dibandingkan variasi lainnya. Dengan demikian, desain *support* hasil *improvement* dinilai lebih optimal dan layak diterapkan pada sistem perpipaan siphonic di wilayah beriklim tropis.

Kata Kunci: ekspansi termal; *finite element method*; *support* pipa; *siphonic drainage*; tegangan *von mises*

Abstract

The siphonic drainage system is a rainwater distribution method that utilizes negative pressure to improve flow efficiency within piping networks [1][2]. In its implementation, pipe supports play an important role in maintaining system stability against mechanical loads and thermal expansion caused by environmental temperature changes [3][4]. This study aims to analyze the effect of thermal expansion loads on the performance of siphonic pipe supports and determine a more optimal support design for tropical climate conditions in Indonesia. The research method employed the Finite Element Method (FEM) approach using ANSYS software through steady-state thermal and static structural simulations [5][6]. The analysis was carried out under rainy and hot weather conditions based on environmental temperature data, with evaluation parameters including total deformation, von Mises stress, and safety factor. Design variations were conducted on bracing position, omega geometry, connection geometry, and threaded rod diameter to evaluate their effects on structural performance. The simulation results showed that thermal loading significantly affected the stress distribution and deformation of the siphonic pipe support. The omega geometry provided the best structural performance compared to other variations. Therefore, the improved support design is considered more optimal and suitable for implementation in siphonic piping systems located in tropical climate regions.

Keywords: finite element method; pipe support; siphonic drainage; thermal expansion; von mises stress

1. Pendahuluan

Sistem drainase siphonic merupakan metode distribusi air hujan yang memanfaatkan tekanan negatif untuk menghasilkan aliran penuh pada jaringan perpipaan sehingga memiliki kapasitas aliran lebih tinggi dibandingkan sistem gravitasi konvensional [1][2]. Dalam penerapannya, *support* pipa memiliki fungsi penting dalam menjaga kestabilan sistem perpipaan terhadap pembebanan mekanis dan pengaruh ekspansi termal akibat perubahan suhu lingkungan [3][4]. Perubahan temperatur dapat menyebabkan ekspansi dan kontraksi termal pada pipa yang mempengaruhi distribusi tegangan dan deformasi pada struktur *support*.

Analisis perilaku struktur akibat pembebanan termal dapat dilakukan menggunakan pendekatan Finite Element Method (FEM) karena mampu memberikan prediksi distribusi tegangan dan deformasi secara numerik dengan tingkat

akurasi yang baik [5]. Penggunaan perangkat lunak ANSYS melalui simulasi steady-state thermal dan static structural telah banyak digunakan dalam analisis struktur terhadap kombinasi pembebanan termal dan mekanis [6][7][10].

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh beban ekspansi termal terhadap performa *support* pipa siphonic menggunakan metode FEM berbasis ANSYS serta menentukan desain *support* yang lebih optimal terhadap pembebanan termal pada wilayah beriklim tropis.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode numerik berbasis Finite Element Method (FEM) dengan bantuan perangkat lunak ANSYS untuk menganalisis pengaruh beban ekspansi termal terhadap performa *support* pipa siphonic [4][5][10]. Model tiga dimensi sistem perpipaan dan support dibuat sesuai kondisi aktual menggunakan material UPVC pada pipa, serta *Structural Steel* 400, Baja 34, dan *galvanized steel* pada struktur *support*.

Simulasi dilakukan melalui analisis *Steady-State Thermal* dan *Static Structural* pada kondisi hujan dan panas berdasarkan data temperatur lingkungan BMKG [6][7]. Variasi desain dilakukan pada posisi *bracing*, geometri omega, geometri *connection*, dan diameter longdrat untuk mengevaluasi performa struktur *support* terhadap pembebanan termal.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pembebanan termal memberikan pengaruh terhadap distribusi tegangan dan deformasi pada struktur support pipa siphonic. Desain baseline masih memenuhi batas keamanan terhadap pembebanan termal yang diberikan.

Variasi desain support menunjukkan pengaruh terhadap performa struktur, dengan geometri omega memberikan performa paling optimal dibandingkan variasi lainnya terhadap pengaruh ekspansi termal. Variasi geometri connection dan diameter longdrat juga memberikan pengaruh terhadap performa struktur, meskipun tidak sebesar variasi geometri omega.

Secara keseluruhan, kondisi panas menjadi kondisi pembebanan paling kritis karena menghasilkan ekspansi termal terbesar pada sistem perpipaan. Oleh karena itu, evaluasi performa struktur lebih difokuskan pada kondisi panas dalam menentukan desain support terbaik

4. Kesimpulan

Beban ekspansi termal memberikan pengaruh terhadap distribusi tegangan dan deformasi pada struktur support pipa siphonic. Variasi desain support memberikan pengaruh terhadap performa struktur dalam menahan pembebanan termal, dengan geometri omega menunjukkan performa paling optimal dibandingkan variasi lainnya. Dengan demikian, desain support hasil improvement dinilai layak diterapkan pada sistem perpipaan siphonic di wilayah beriklim tropis.

5. Daftar Pustaka

- [1] Geberit International AG. (2020). *Geberit Pluvia Siphonic Roof Drainage System: Planning Guide*.
- [2] American Society of Plumbing Engineers (ASPE). (2013). *ASPE/ANSI 45: Siphonic Roof Drainage Standard*.
- [3] Aswin, A., & Hasnan, A. (2023). Stress analysis evaluation and pipe support type on high-pressure and temperature steam pipe.
- [4] Rezkallah, M. (2018). *ASME B31.3 Design Criteria for Thermal Stress*.
- [5] Logan, D. L. (2012). *A First Course in the Finite Element Method* (5th ed.). USA: Cengage Learning.
- [6] Grebenişan, G., Negrău, D. C., & Salem, N. (2022). A Connected Steady-State Thermal with a Structural Analysis using FEA in ANSYS.
- [7] Singh, R., & Bhushan, B. (2023). Static Structural and Steady-State Thermal Analysis of Piston Using ANSYS.
- [8] Febrianto, P., Muzakki, M. G., & Sastranegara, A. (2024). Studi Komparatif Mesh Hexahedral dan Tetrahedral pada Analisis Statis Crane Hook dengan ANSYS.
- [9] NAFEMS. (2020). *Introduction to Finite Element Analysis Verification and Validation*.
- [10] ANSYS Inc. (2024). *ANSYS Mechanical User's Guide*. Canonsburg, PA: ANSYS Inc.
- [11] Kurniawan, F. (2016). Analisis Tegangan dan Ekspansi Termal pada Sistem Perpipaan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Mesin*.
- [12] Park, J., & Lee, S. (2021). Thermal Stress Analysis on Pipe Support Structures under Temperature Variation. *International Journal of Mechanical Engineering*.