

Analisis Kekuatan *Flange Valve* Akibat Pengaruh *Bolt Torque* pada Kondisi Pressure dan Temperature Berbeda dengan Metode Finite Element Analysis

Meri Rahmi¹, Suliono², Delffika Canra³, Rachmatullah⁴, Yusuf Nur Rohmat⁵, Dedi Suwandi⁶

Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu, Jl. Lohbener Lama No.08, Indramayu, 45252

Email: meri@polindra.ac.id

Informasi Artikel:	ABSTRAK
<p><i>Received:</i> 27 Maret 2020</p> <p><i>Accepted:</i> 05 April 2020</p> <p><i>Available:</i> 08 Mei 2020</p>	<p>Sistem penyambungan pipa yang terhubung dengan <i>valve</i> (katup) menggunakan sambungan <i>flange</i>. Hal ini bertujuan untuk memudahkan memasang atau melepaskan sambungan pada saat diperlukan. Sistem penyambungan ini meliputi sambungan pipa ke <i>fitting, valve, equipment</i>, atau bagian lainnya yang merupakan bagian terpisah dalam sistem pemipaan. Analisis kekuatan <i>flange</i> pada <i>ball valve</i> 4 inch ANSI 300 bertujuan untuk mengetahui dan memastikan bahwa <i>flange</i> memiliki kekuatan dan aman pada saat lepas pasang akibat pengaruh <i>Bolt Torque</i>. Selain itu, untuk memastikan sambungan tidak bocor pada saat dilalui fluida. Kombinasi utama antara tekanan internal, aksial dan pembebanan termal perlu dipertimbangkan. Analisis kekuatan <i>flange</i> menggunakan metode <i>Finite Element Analysis</i> (FEA) dengan bantuan software Solid works. Analisis kekuatan <i>flange</i> menggunakan metode "<i>Flange as weakest part philosophy</i>" yaitu full rating yang dipakai bila nilai <i>pressure-temperature</i> tertentu pada ASME B16.5 yang diambil untuk Tekanan Kerja Maksimum yang diijinkan atau <i>Maximum Allowable Working Pressure</i> (MAWP) pada sistem perpipaan. Dari hasil analisis FEA, diperoleh bahwa <i>flange</i> pada <i>ball valve</i> 4 inch ANSI 300 memenuhi syarat sesuai dengan MAWP pada temperatur dan tekanan berbeda. Nilai safety factor juga menunjukkan bahwa <i>flange</i> aman pada saat proses kerja pemipaan.</p>
Kata Kunci:	ABSTRACT
<p><i>Flange Bolt</i> <i>Torques</i> <i>Valve</i> <i>Finite Element Analysis</i> (FEA) <i>Maximum Allowable Working Pressure</i> (MAWP)</p>	<p><i>Pipe connecting system that is connected with a valve using a flange connection. This aims to make it easier to install or disconnect when needed. This connection system includes pipe connections to fittings, valves, equipment, or other parts which are separate parts of the piping system. The analysis of the flange strength on the 4 inch ball valve ANSI 300 aims to determine and ensure that the flange has strength and is safe at the time of tide due to the influence of the torque bolt. In addition, to ensure the connection does not leak when the fluid is passed. The main combination between internal, axial pressure and thermal loading needs to be considered. Flange strength analysis using Finite Element Analysis (FEA) method with use of Solid works software. The analysis of flange strength uses the method of "Flange as weakest part philosophy", namely the full rating used when the value of a certain pressure-temperature on ASME B16.5 is taken for the Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) in the piping system. From the results of the FEA analysis, it was found that the flange on the 4 inch ANSI 300 ball valve meets the requirements according to MAWP at different temperatures and pressures. The value of the safety factor also shows that the flange is safe during the piping work process.</i></p>

1 PENDAHULUAN

Flange atau sambungan flens yang dibaut dengan gasket konvensional banyak digunakan untuk menghubungkan bejana tekan dan pipa dalam industri proses, minyak dan gas. Kinerja *flange* terlihat pada kekuatan sambungan. Evaluasi integritas dan kinerja sambungan perlu dilakukan terutama jika mendapat bebena kerja yang melebihi batas dalam sebuah sistem. Perlu dicatat bahwa aturan desain yang tersedia untuk sambungan *flange* memiliki standar dan kode dalam desain internasional terutama berkaitan dengan kekuatan. Tetapi ini tidak cukup menjadi jaminan bahwa sambungan *flange* tersebut kuat [1][2].

Baut merupakan koneksi *flange* yang biasa digunakan untuk mendukung dan sebagai koneksi yang menghubungkan beberapa bagian dalam sistem pemipaan. Banyak dari koneksi ini mungkin perlu analisis dan dirancang dengan pembebanan statis dan fatigue dengan gaya aksial gabungan dan tekukan. Couchaux [3] menyimpulkan bahwa kekuatan tarik sambungan *flange* dengan menggunakan baut dengan berbagai variasi jumlah baut menjadi enam dengan metode analitik dan analisis untuk model tertentu valid dan kuat sebagai sambungan.

Abid [4] secara eksperimental telah mempelajari kinerja dan kondisi sambungan gasket pada *flange* di bawah baut pada saat operasi dengan kondisi yang berbeda dari perspektif mekanis yaitu tekanan internal gabungan ditambah pembebanan aksial, tekanan internal gabungan ditambah beban lentur pada temperatur 100°C. Namun, aplikasi pemuatan termal belum dianggap saat ini, karena kompleksitas aplikasi selama studi eksperimental. Hasilnya menunjukkan bahwa berdasarkan berbagai kombinasi beban dinyatakan aman akan tetapi tidak aman pada kondisi batas maksimum operasional.

Dalam aplikasi dunia nyata, sambungan pipa yang dibaut akan mengalami perubahan karena beban struktural dan termal yang berbeda, bahkan akan mengalami guncangan termal dan tekanan pada aplikasi kelas atas. Penelitian Rahmi [5] menyimpulkan bahwa hasil analisis perbedaan tekanan fluida pada *ball valve* 4 inch ANSI 300 dengan kondisi full closed dan open closed dan temperatur 425°C tidak signifikan [6]. Perbedaan tekanan fluida antara kondisi full closed dengan full open hanya 0.01psi. Penelitian Rahmi [7], tentang kekuatan *ball valve* 4 inch ANSI 300 akibat tekanan fluida pada kondisi jenis temperatur -29.5°C, 25°C dn 425°C menyatakan bahwa *valve* dinyatakan kuat dan aman dengan *safety factor* melebihi batas minimum yang diizinkan untuk sistem pemipaan.

Khusus untuk *flange* pada *ball valve* 4 inch ANSI 300, belum pernah dilakukan *Finite Element Analysis* (FEA). Penelitian ini bertujuan untuk analisis kekuatan *flange* pada sistem pemipaan *ball valve* 4 inch ANSI 300 pada kondisi tekanan dan temperatur berbeda. Tekanan atau beban torsi pada baut mengikuti ASME B16.5 yang diambil sebagai Tekanan Kerja Maksimum yang diizinkan atau *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP).

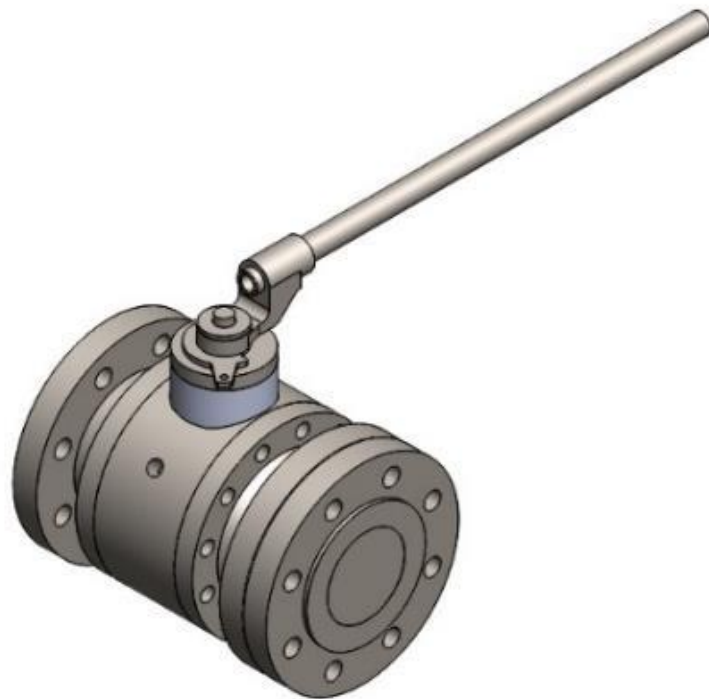
Oleh karena itu, dengan mengingat pentingnya kinerja sambungan baut pada kondisi perbedaan tekanan dan temperatur, pembebanan aksial dan termal menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA). Disimpulkan bahwa metodologi yang dikembangkan dapat memberikan dasar untuk semua ukuran dan kelas di bawah kondisi operasi gabungan yang berbeda.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Metode untuk analisis *Flange Ball Valve* 4 inch ANSI 300 adalah *Finite Element Analysis* (FEA) dengan bantuan software Solid works. Beberapa hal penting untuk analisis FEA antara lain:

2.1 Model Geometri, Model FEA dan Meshing

Model yang digunakan untuk analisis kekuatan *flange* karena pengaruh tekanan dalam sistem dan adanya pengaruh *Bolt Torque* sudah disederhanakan untuk memudahkan dalam simulasi analisis [8][9]. Model dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model Geometri *Ball Valve* 4"-300 Analisis *Flange*

Setelah proses penyederhanaan gambar maka dilanjutkan dengan proses meshing yaitu melakukan tahap analisis dengan bantuan Solidworks. Bentuk node atau nodalnya adalah trihedron. Hasil meshing model untuk dianalisis dapat dilihat pada Gambar 2.



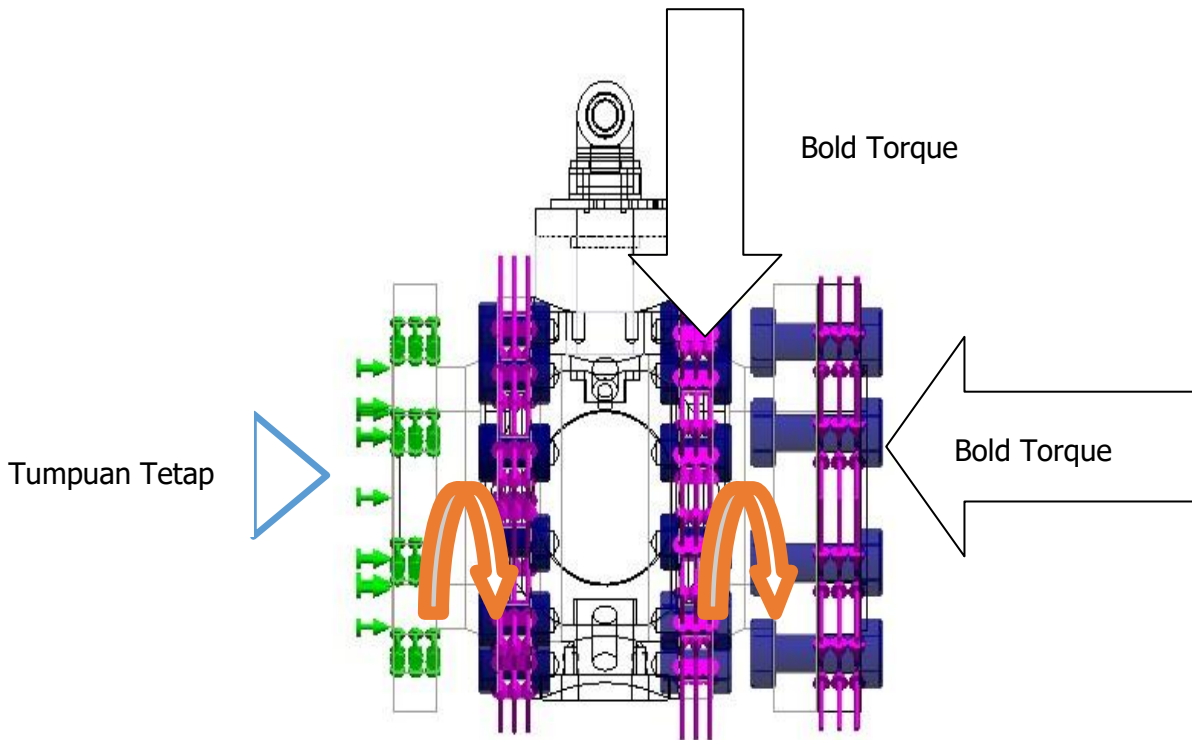
Gambar 2. Model Meshing *Ball Valve* 4"-300 analisis *Flange*

2.2 Properti Material, Kondisi Batas dan Pembebanan

Analisis kekuatan *Flange Ball Valve* dengan adanya tekanan dari fluida dalam sistem dan asumsi adanya *Bolt Torque*. Material *flange* sama dengan *Body Ball Valve* yaitu ASTM A105 Steel. Sedangkan material baut berdasarkan material sesuai dengan ASME B16.5, Class 300. Untuk jenis *ball valve* 4 inch -300, ukuran *flange* 4 inch, jumlah baut 8 dengan ukuran $\frac{3}{4}$ inch. Torsi baut yang digunakan dipilih dengan pelumasan *copperslip* dengan koefisien gesek ($\mu=0.1$) yaitu 120 lbf.ft/165 Nm [10][11].



Batas tumpuan untuk analisis *flange* ini adalah horizontal fix dengan pembebanan dari pressure dalam sistem dan temperatur fluida. Pembebanan yang diterima *flange* dari aliran fluida pada sistem dan *Bolt Torque* dengan asumsi 200 lbf.in untuk *flange joint to pipe* dan 100 lbf.in untuk *flange joint to body*. Bentuk kondisi batas dan pembebanan dapat dilihat pada Gambar 3.

Analisis Kekuatan Flange Valve Akibat Pengaruh Bolt Torque pada Kondisi Pressure dan Temperature Berbeda dengan Metode Finite Element Analysis



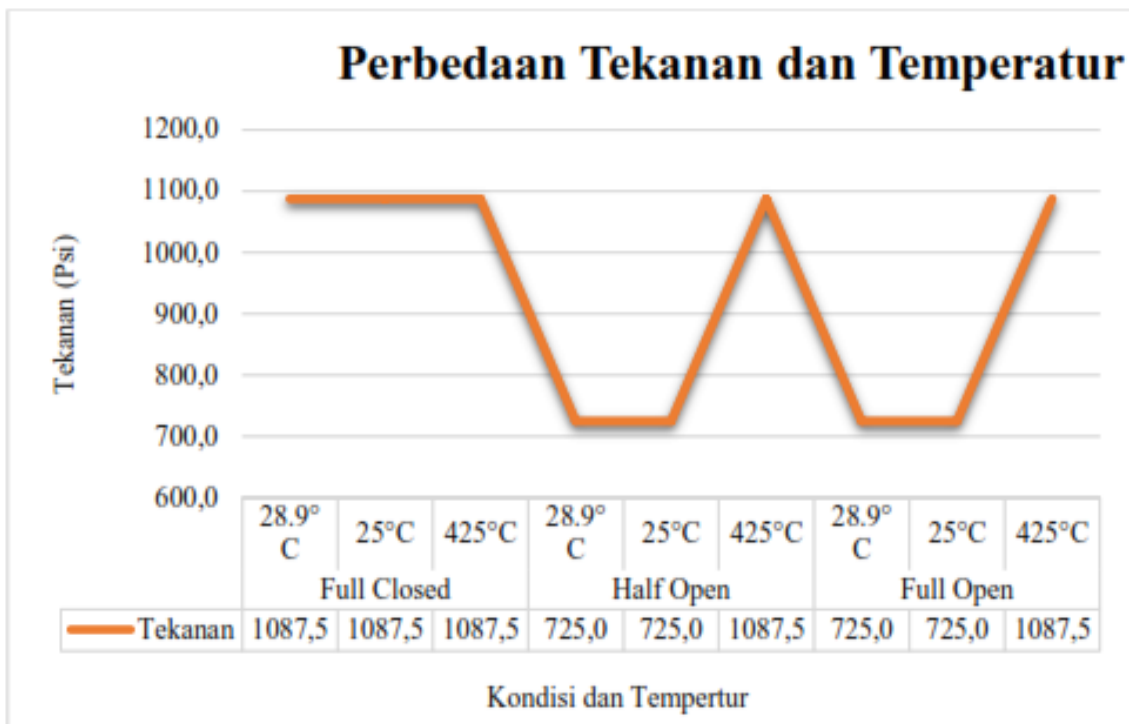
Gambar 3. Kondisi Batas dan Pembebanan

Setiap baut akan menerima beban torsi awal. Bentuk dan nilai pada metode analisis *flange* untuk setiap baut karena kondisi torsi dapat dilihat pada Gambar 4.

Model Reference	Connector Details	Strength Details																				
 <p>Counterbore with Nut-1</p>	Entities: 2 edge(s) Type: Bolt(Head/Nut diameter)(Counterbore) Head diameter: 33 mm Nut diameter: 33 mm Nominal shank diameter: 22 Preload (Torque): 200 Young's modulus: 2.1e+011 Poisson's ratio: 0.28 Preload units: lbf.in	<table border="1"> <tr> <td>Bolt Check:</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Calculated FOS:</td> <td>11.6757</td> </tr> <tr> <td>Desired FOS:</td> <td>2</td> </tr> </table> 	Bolt Check:	OK	Calculated FOS:	11.6757	Desired FOS:	2														
	Bolt Check:	OK																				
Calculated FOS:	11.6757																					
Desired FOS:	2																					
Connector Forces <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>X-Component</th> <th>Y-Component</th> <th>Z-Component</th> <th>Resultant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Axial Force (N)</td> <td>5134.7</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>5134.7</td> </tr> <tr> <td>Shear Force (N)</td> <td>0</td> <td>-355.62</td> <td>172.97</td> <td>395.45</td> </tr> <tr> <td>Bending moment (N.m)</td> <td>0</td> <td>4.888</td> <td>41.082</td> <td>41.371</td> </tr> </tbody> </table>			Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant	Axial Force (N)	5134.7	0	0	5134.7	Shear Force (N)	0	-355.62	172.97	395.45	Bending moment (N.m)	0	4.888	41.082	41.371
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant																		
Axial Force (N)	5134.7	0	0	5134.7																		
Shear Force (N)	0	-355.62	172.97	395.45																		
Bending moment (N.m)	0	4.888	41.082	41.371																		

Gambar 4. Kondisi Pembebanan Preload (Torsi)

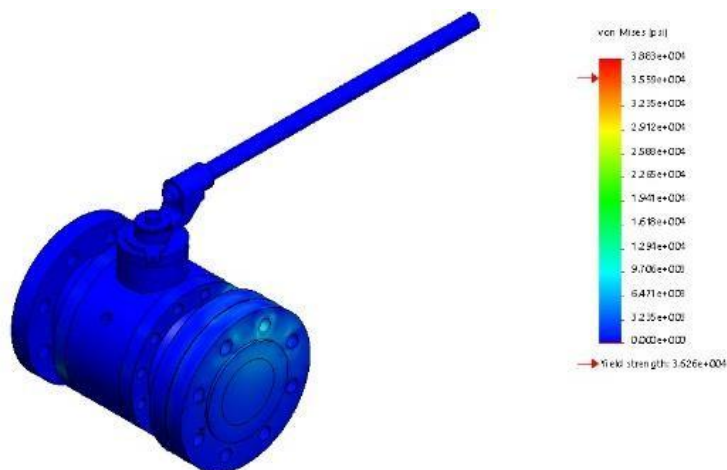
Sedangkan kondisi perbedaan tekanan akibat fluida dan temperatur dibedakan menjadi tiga kondisi. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



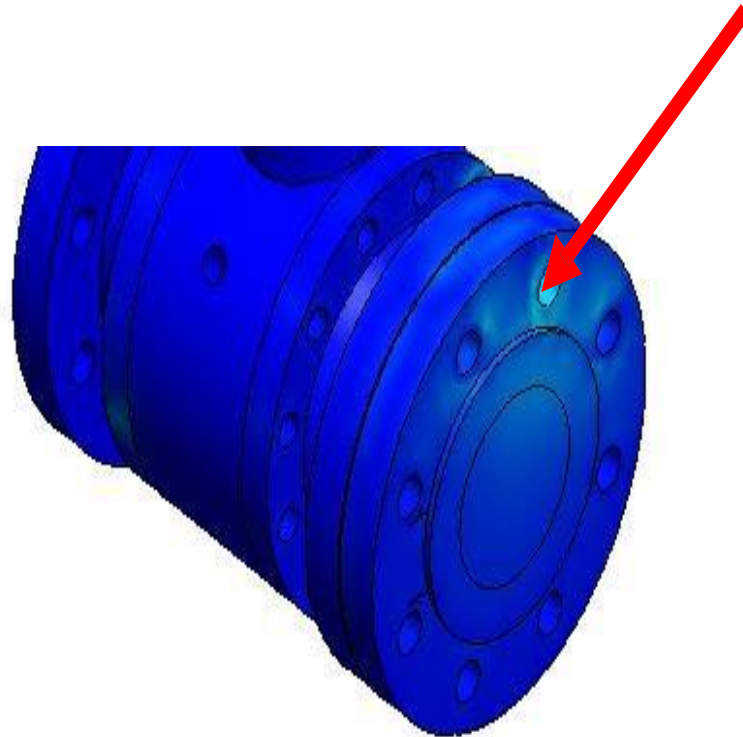
Gambar 5. Perbedaan Tekanan dan Temperatur (Rahmi, dkk (2018a, 2018b)

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Finite Element Analysis (FEA) pada *flange ball valve* 4 inch ANSI 300 dengan bantuan software Solid works dapat lihat pada Gambar 6, Gambar 7, juga terlihat pada Gambar 8 dan pada Gambar 9.

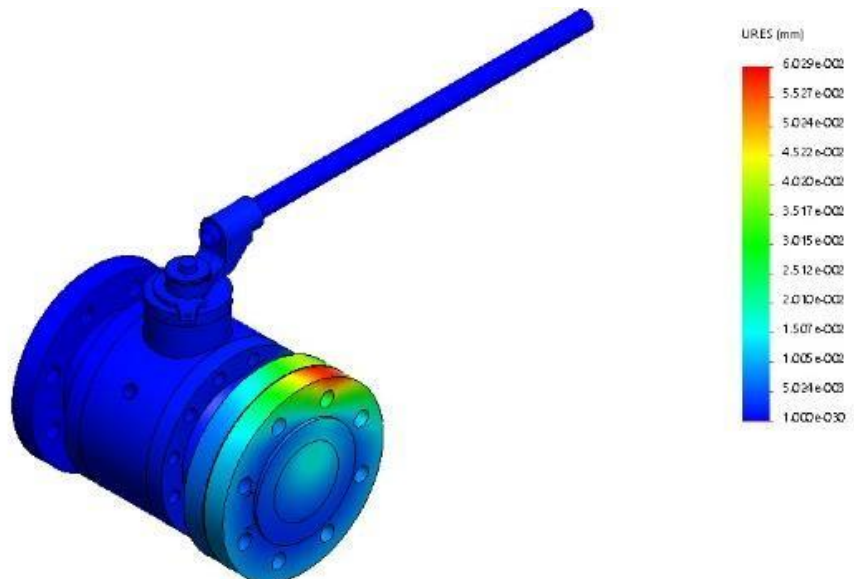


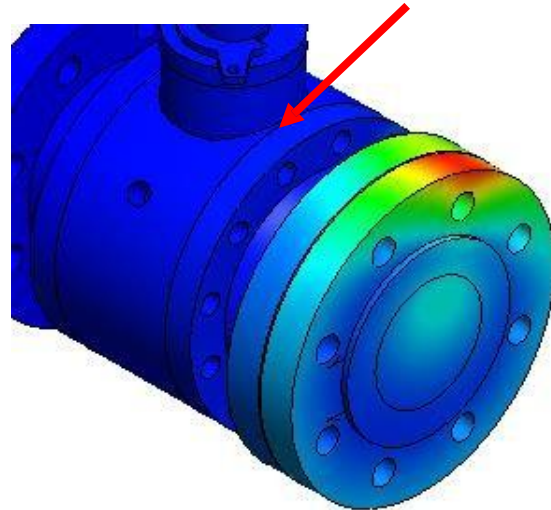
Analisis Kekuatan Flange Valve Akibat Pengaruh Bolt Torque pada Kondisi Pressure dan Temperature Berbeda dengan Metode Finite Element Analysis



Gambar 6. Hasil Analisis Tegangan pada *Flange*

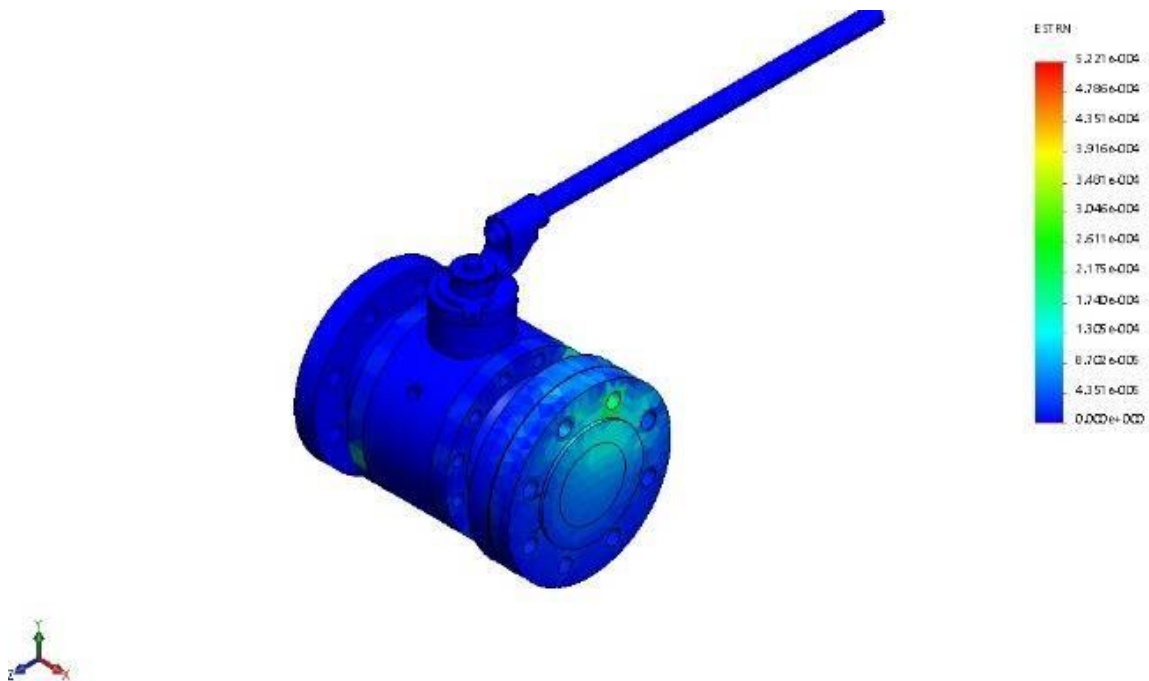
Hasil analisis pada Gambar 6 menunjukkan hasil tegangan yang terjadi pada *flange* akibat pengaruh pengencangan baut dengan torsi sesuai dengan ASME B16.5, Class 300 tidak signifikan mempengaruhi *flange* pada *ball valve* 4 inch – 300.



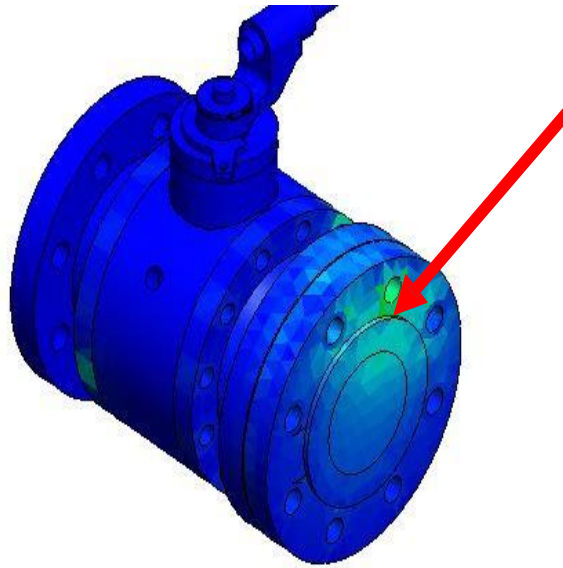


Gambar 7. Hasil Analisis Displacement pada *Flange*

Hasil analisis pada Gambar 7 menunjukkan hasil deformasi yang terjadi pada *flange* akibat pengaruh pengencangan baut dengan torsi sesuai dengan ASME B16.5, Class 300. Perubahan tidak signifikan mempengaruhi *flange* pada *ball valve* 4 inch – 300 yaitu 0.0602 mm. Gambar 8 menunjukkan hasil regangan yang terjadi pada *flange* akibat pengaruh pengencangan baut dengan torsi sesuai dengan ASME B16.5, Class 300. Perubahan tidak signifikan mempengaruhi *flange* pada *ball valve* 4 inch – 300 yaitu 0.005 mm.

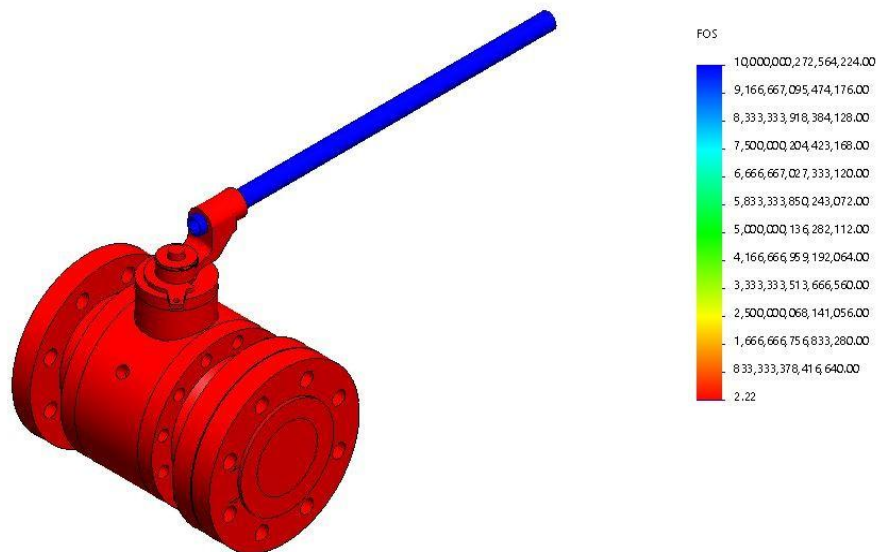


Analisis Kekuatan Flange Valve Akibat Pengaruh Bolt Torque pada Kondisi Pressure dan Temperature Berbeda dengan Metode Finite Element Analysis



Gambar 8. Hasil Analisis Strain pada *Flange*

Gambar 9 menunjukkan hasil regangan yang terjadi pada *flange* akibat pengaruh pengencangan baut dengan torsi sesuai dengan ASME B16.5, Class 300. Perubahan tidak signifikan mempengaruhi *flange* pada *ball valve* 4 inch – 300 yaitu 0.005 mm.



4 KESIMPULAN

Dari analisis kekuatan *flange* dengan adanya tekanan pressure fluida dalam sistem dan pengaruh *Bolt Torque*, disimpulkan bahwa *flange* kuat serta aman pada saat beoperasi sesuai dengan ASME B16.5, Class 300 pada *ball valve* 4 inch-300. Dengan berbagai kondisi batas dan pembebanan serta data material yang digunakan, dapat disimpulkan untuk *ball valve* 4 inch-300 ini comply dan aman.

5 REFERENSI

- [1] J, S., & A.S, T. (1994). *Pressure Vessel Design : Concepts and Principles*. London, UK: Taylor & Francis Routledge.
- [2] Prihatnadi, H., & Santoso, B. (2011). Analisa Kekuatan *Flange* Pada Sistem Pemipaan Primer Reaktor Triga 2000 Bandung. *Jurnal Perangkat Nuklir*, 36-41.
- [3] Couchaux, M., Hjiadj, M., Ivor, R., & Bureau, A. (2018). Tensile resistances of bolted circular *flange* connections. *Engineering Structures*, 817-841.
- [4] Abid, M., Javed, S., Wajid, H. A., & Nash, D. H. (2018). Performance Of A Gasketed Joint Under Bolt Up And Combined Pressure, Axial And Thermal Loading – Fea Study. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*.
- [5] Rahmi, M., Canra, D., & Suliono. (2018). Analisis kekuatan *ball valve* akibat tekanan fluida menggunakan finite element analysis. *Jurnal Teknologi Terapan* , 4 Nomor 2, 79-84.
- [6] Elliott, M., Teh, L., & Ahmed, A. (2019). Behaviour and strength of bolted connections failing in shear. *Journal of Constructional Steel Research*, 320-329.
- [7] Rahmi, M., Canra, D., & Suliono, S. (2018). Analisis Perbedaan Tekanan Fluida pada *Ball Valve* Kondisi Full Closed dan Full Open dengan Computational Fluid Dynamics. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 1.
- [8] Guo, Z., Lu, N., Zhu, F., & Gao, R. (2017). Effect of preloading in high-strength bolts on bolted-connections exposed to fire. *Fire Safety Journal*, 112-122.
- [9] Kumar a, S., & Reddy b, D. (2017). Sustainability analysis of Bolted Joints through strength evaluation. *Materials Today: Proceedings 4 -ICAAMM-2016*, (pp. 7628-7635).
- [10] Weigand, J., Peixoto, R., Vieira Jr, L. C., Main, J., & Seif, M. (2018). An empirical component-based model for high-strength bolts at elevated temperatures. *Journal of Constructional Steel Research*, 87-102.
- [11] Zhao, Z., Liang, B., Liu, H., & Li, Y. (2018). Simplified numerical model for high-strength bolted connections. *Engineering Structures*, 119-127.