

Analisis Perbedaan Tekanan Fluida pada *Ball Valve* Kondisi *Full Closed* dan *Full Open* dengan *Computational Fluid Dynamics*

Meri Rahmi¹, Delfika Canra², Suliono³

^{1,2,3} Teknik Mesin-Politeknik Negeri Indramayu

^{1,2,3} Indramayu, Indonesia

E-mail : meri@polindra.ac.id¹, delfika.canra@polindra.ac.id², suliono@polindra.ac.id³

Abstrak

Ball valve merupakan salah satu katup tipe gerak memutar. *Ball valve* berfungsi sebagai pengontrol aliran berbentuk *disc* seperti bola. *Ball valve* banyak digunakan karena mudah dalam perbaikan dan kemampuan menahan tekanan dan suhu tinggi. Aliran fluida dalam *ball valve* tidak selalu mengalir, ada saatnya aliran ditutup. Tekanan fluida pada kondisi tertutup berbeda dengan kondisi terbuka. Hal ini akan berdampak terhadap kekuatan *ball valve* sebagai katup. Tekanan yang besar atau melebihi spesifikasi akan mempengaruhi mekanisme kerja *ball valve* dan kekuatan material *ball valve*. Pengaruh tekanan ini menjadi sangat penting dalam *ball valve* karena tekanan fluida dengan temperatur, pada kondisi tertentu bisa diluar batas spesifikasi khususnya *ball valve 4 inch ANSI 300*. Hal ini menjadi faktor penting, terutama dalam faktor keamanan. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis perbedaan tekanan fluida yang terjadi pada *ball valve 4 inch ANSI 300* saat kondisi tertutup (*full closed*) dan kondisi terbuka (*full open*) pada temperatur fluida 425°C terhadap mekanisme kerja *ball valve 4 inch ANSI 300*. Metode yang digunakan adalah *Computational Fluid Dynamics* dengan bantuan *software Flow Simulation Solidworks*. Berdasarkan hasil analisis, penurunan tekanan fluida dengan temperature 425 °C yang terjadi tidak signifikan mempengaruhi kondisi material *ball valve 4 inch ANSI 300*. Perbedaan tekanan fluida antara kondisi *full closed* dengan *full open* hanya 0.01 psi.

Kata Kunci: CFD, Tekanan, Temperatur, *Ball Valve*

Abstract

Ball valve is one type of rotary motion valve. Ball valve serves as a disc-shaped flow controller such as a ball. Ball valve is widely used because it is easy to repair and the ability to withstand high pressure and temperature. The fluid flow in the ball valve does not always flow, there are times the flow is closed. Fluid pressure in closed conditions is different from open conditions. This will affect the strength of the ball valve as a valve. Pressure that large or exceed the specifications will affect the mechanism of work ball valve and ball valve material strength. The effect of this pressure becomes very important in the ball valve because of fluid pressure with temperature, under certain conditions can be beyond the specification limits, especially 4-inch ball valve ANSI 300. This becomes an important factor, especially in the safety factor. Therefore, this study aims to analyze the difference of fluid pressure occurring in 4 inch ANSI 300 ball valve during full closed condition and full open condition at 425°C fluid temperature to 4 inch ANSI 300 ball valve mechanism. Method used is Computational Fluid Dynamics with the help of Flow Simulation Solidworks software. Based on the analysis result, the decrease of fluid pressure with 425 °C temperature that happened did not significantly affect the condition of 4 inch ANSI 300 ball valve material. The difference of fluid pressure between full closed condition and full open is only 0.01 psi.

Keywords: CFD, Pressure, Ball Valve

I. PENDAHULUAN

Katup (*valve*) banyak digunakan di berbagai industri terutama dalam sistem perpipaan. Fungsinya adalah untuk mengendalikan laju alir. Bagi produsen katup, sangat penting untuk mengetahui karakteristik temperatur dan tekanan di dalam katup. Katup mampu mengendalikan aliran cairan maupun gas dengan baik pada saat kondisi katup tertutup (*full closed*) atau terbuka (*full open*).

Ball valve merupakan salah satu katup tipe gerak memutar. *Ball valve* adalah sebuah katup dengan

pengontrol aliran berbentuk *disc* seperti bola. *Disc* tersebut memiliki lubang yang berada tepat di tengahnya. Pada posisi terbuka (*open*), lubang menghadap searah dengan kedua ujung katup, dan terjadi aliran. Pada kondisi tertutup, posisi lubang berada tegak lurus terhadap ujung katup, maka posisi katup dalam kondisi tutup (*close*) dan aliran akan terhalang.

Ball valve banyak digunakan karena mudah dalam perbaikan dan mampu untuk menahan tekanan dan suhu tinggi. *Ball valve* dapat menahan tekanan hingga 10.000

psi dan dengan temperatur sekitar 200°C. Hal ini dipengaruhi pada saat pemilihan material *ball valve*.

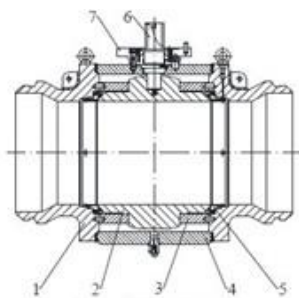
Kemampuan *ball valve* menahan tekanan pada suhu tinggi, dapat menyebabkan kerusakan serius pada sistem perpipaan. Penelitian menyatakan bahwa bentuk aliran dan kondisi aliran dalam *ball valve* pada kondisi *full open* dengan kecepatan *inlet* yang berbeda dapat divisualisasikan dengan menggunakan metode visualisasi arus pelacak partikel (PTFV) [1].

Pengaruh penurunan bukaan katup mengakibatkan panjang resirkulasi meningkat. Peningkatan resirkulasi akan berpengaruh terhadap penurunan tekanan fluida [2]. Penelitian Zhang hanya melakukan analisis optimisasi desain terhadap *ball valve* dengan menggunakan *flow simulation* dan menyatakan bahwa hasil simulais aliran dapat membantu dan bisa dijadikan indikator metode yang lebih baik [7]. Dalam penelitian ini, akan melakukan analisis perbedaan tekanan terhadap *ball valve* pada saat kondisi *valve* tertutup (*full closed*) dan terbuka (*full open*) dengan temperatur 425 °C. Tujuannya adalah untuk mengetahui bagaimana perubahan tekanan akibat temperatur tinggi terhadap kondisi dan mekanisme *ball valve 4 inch ANSI 300*. Dengan metode *Computational Fluid Dynamics* dengan *software Solidworks*. Penelitian ini disusun sebagai berikut. Pendahuluan diberikan Bagian I. Kajian literatur terkait penelitian ada pada Bagian II. Bagian III menyajikan metode yang diusulkan. Hasil analisis dibahas pada Bagian IV. Bagian V menjelaskan tentang kesimpulan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Ball Valve

Ball valve merupakan katup putar yang dapat digunakan sebagai bagian kontrol atau blok pada sistem atau dalam suatu proses aliran. Umumnya berutar 90° untuk memblokir aliran. *Ball valve* memiliki kemampuan aliran yang baik pada saat tekanan rendah dan suhu tetap pada kondisi baik. Pemilihan ukuran, desain dan material tertentu memegang peranan penting dalam kehandalan dan kinerja dari sistem pada saat bekerja., untuk memproduksi katup bola yang andal. *Ball valve* memiliki karakteristik antara lain; resistansi terhadap cairan ringan, tidak mudah bocor dan daya kerja tinggi. *Ball valve* tidak hanya digunakan pada pipa industri umum, juga banyak digunakan di berbagai jaringan pipa industri kedirgantaraan [7].



(1) left right parts (2) sphere (3) seat (4) intermediates
(5) Seat support ring (6) valve stem (7) bonnet

Gambar 1. Struktur *Ball Valve* [7]

II.2 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan perangkat lunak yang memungkinkan analisis aliran fluida, termasuk perpindahan panas termal dan efek konduksi panas dalam cairan dan melalui batas-batas padat dari domain aliran. Penerapan CFD cukup meningkatkan kinerja mesin selama 20 tahun terakhir, sekaligus mengurangi waktu siklus desain [3].

CFD berkaitan dengan solusi numerik persamaan diferensial yang mengatur aliran massa, momentum, dan energi dalam bergerak cairan. Kesulitan utama dalam informasi empiris yaitu terbatasnya rentang skala kecepatan fluida, suhu, waktu, atau panjang yang dihasilkan [4].

II.3 Tekanan (Pressure)

Kekuatan fluida yang terjadi substansinya adalah gaya geser, tegangan, dan kompresi. Menurut definisi, cairan dalam keadaan statis tidak dapat menahan gaya geser apapun tanpa mengalir. Fluida yang dapat menahan kompresi kekuatan disebut tekanan (*pressure*). Tekanan fluida akan dipengaruhi juga oleh tekanan atmosfer yaitu berat per satuan luas udara dan bervariasi dengan kondisi cuaca. Biasanya diukur dengan barometer, disebut *barometric pressure* [5]. Tekanan didefinisikan sebagai gaya normal yang diberikan oleh cairan per satuan luas. Tekanan dalam padatan adalah tegangan normal [6].

$$P = \sigma_n = \frac{W}{A_{feet}} \quad (1)$$

Tekanan fluida pada saat tidak mengalir, tidak tergantung pada bentuk atau penampang wadah. Perubahan terjadi karena jarak vertikal. Konsekuensi tekanan pada cairan, konstan ke arah horizontal sehingga meningkatkan tekanan dalam jumlah yang sama [6].

II.4 Suhu (Temperature)

Suhu merupakan hal penting dalam termodinamika dalam mempengaruhi aliran dalam sistem perpipaan. Pada suhu konstan, *modulus bulk* cairan mnegalami penurunan suhu. Air merupakan pengecualian karena terjadi peningkatan menjadi nilai maksimum pada 120°F (49°C) dan penurunan suhu diatas tekanan atmosfer. Untuk persamaan suhu cairan dapat didekati dengan persamaan [5]:

$$E_{n=} - v \left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_n = v_1 \left(\frac{p_2 - p_1}{v_1 - v_2} \right)_n \quad (2)$$

III. METODE

Bagian ini menjelaskan metode yang digunakan untuk analisis perbedaan tekanan pada *ball valve* yang di ulas dalam penelitian ini. Proses analisis tekanan terdiri dari dua bagian, yaitu pembuatan model 3D *ball valve* dan analisis CFD pada *ball valve*.

III.1 Pembuatan model 3D *ball valve*

Model *ball valve* yang akan dianalisis adalah ukuran 4 inch ANSI 300. Model dan material pembentuknya mengikuti standar ANSI 300. Material utama *ball valve*

yaitu ASTM A105 dan ASTM A182 GR. F6a. Sedangkan untuk material *gasket* dan *seal* menggunakan material PTFE. Pembuatan model 3D *ball valve* ini menggunakan *software Solidworks*. Model 3D dibuat untuk dua kondisi, yaitu kondisi *full closed* dan kondisi *full open*. Model 3D *ball valve* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model geometri *ball valve* 4 inch -300

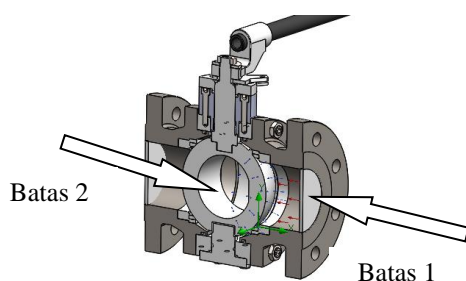
Sebelum analisis, model perakitan *ball valve* disederhanakan dengan tepat sehingga dapat meningkatkan keberhasilan dari analisis. Bagian dalam *valve* yang penuh dengan fluida ditutup seluruhnya agar mudah dalam menentukan kondisi batas saluran masuk dan saluran keluar. Kondisi ini bisa menggunakan fitur yang tersedia dalam *flow simulation Solidworks*.

III.2 Analisis CFD pada Ball Valve

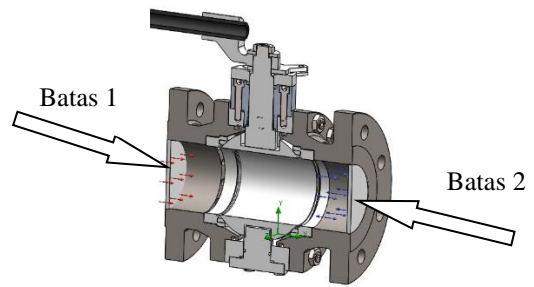
Model 3D *ball valve* yang sudah didesain sesuai dengan spesifikasi ANSI, selanjutnya dilakukan analisis CFD dengan *Solidworks flow simulation*. Beberapa tahapan dalam analisis CFD antara lain;

1. Penentuan kondisi batas

Penentuan batas ini bertujuan untuk menentukan posisi *inlet* dan *outlet* aliran fluida dalam *ball valve*. Pada Gambar 3. kondisi *full closed* dapat dilihat batas 1 sebagai *inlet* sedangkan batas 2 sebagai *outlet*. Hal yang sama juga berlaku untuk kondisi *full open* yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Kondisi batas *ball valve full closed*



Gambar 4. Kondisi batas *ball valve full closed*

2. Penentuan material fluida

Fluida yang digunakan untuk analisis CFD terhadap *ball valve* yaitu fluida dengan spesifikasi, *dynamic viscosity* 7.538×10^{-4} Pa.S dan *specific heat ratio* 4.188 J. Penentuan fluida sendiri berdasarkan data dari industri yang sering menggunakan *ball valve* pada sistem perpipaan. Material ini digunakan untuk kedua kondisi *valve* pada saat analisis.

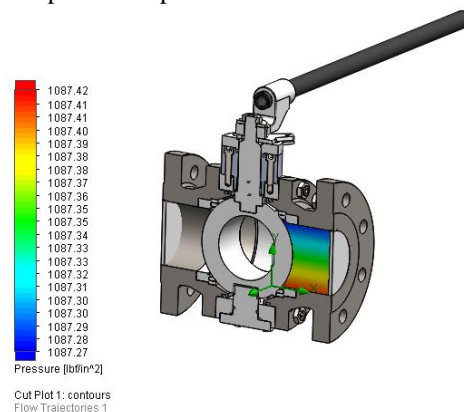
3. Penentuan pembebanan

Pembebanan pada saat analisis dengan menggunakan CFD adalah tekanan dan temperatur. Tekanan yang diinput yaitu, 1087.5 psi dengan temperatur atau suhu untuk pada saat kondisi *full closed* dan *full open* adalah 425°C. Pemilihan temperatur ini untuk melihat perubahan tekanan yang terjadi dalam *ball valve* yang mampu bertahan pada kondisi suhu tinggi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

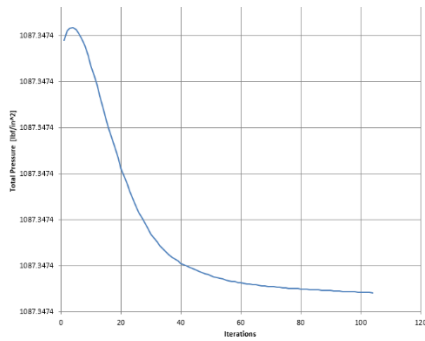
IV. 1 Ball Valve Kondisi Full Closed

Perubahan tekanan berdasarkan hasil analisis CFD terhadap *ball valve* 4 inch ANSI 300 untuk kondisi *full closed* dapat dilihat pada Gambar 5.



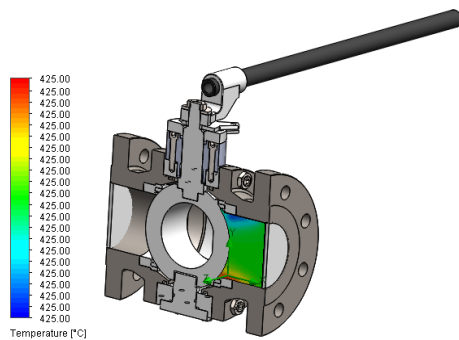
Gambar 5. Tekanan Fluida Kondisi *Full Closed*

Pada saat kondisi *full closed*, tekanan fluida tidak menunjukkan adanya peningkatan signifikan. Nilai perubahan tekanan fluida menunjukkan penurunan diantara 1087.42 psi sampai dengan nilai minimum 1087.27 psi. Grafik perubahan tekanan fluida dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Perubahan Tekanan Fluida Kondisi *Full Closed*

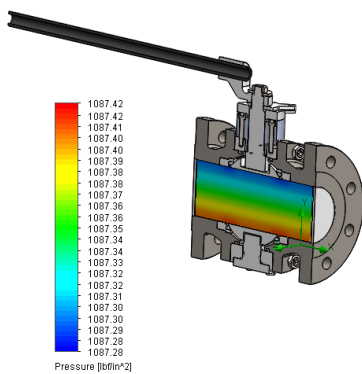
Temperatur 425°C juga tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap tekanan pada fluida. Pengaruh temperatur bisa dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Temperatur Fluida Kondisi *Full Closed*

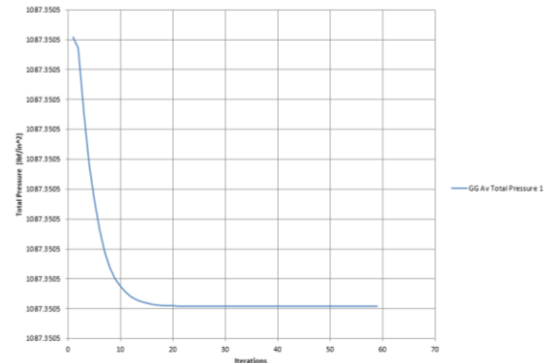
IV. 2 Ball Valve Kondisi Full Open

Perubahan tekanan berdasarkan hasil analisis CFD terhadap *ball valve 4 inch ANSI 300* untuk kondisi *full open* dapat dilihat pada Gambar 8.



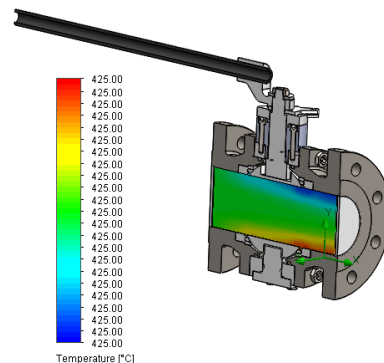
Gambar 8. Tekanan Fluida Kondisi *Full Open*

Hal yang sama juga ditunjukkan pada saat kondisi *full open*, tekanan fluida juga tidak menunjukkan adanya peningkatan signifikan. Nilai perubahan tekanan fluida menunjukkan penurunan diantara 1087.42 psi sampai dengan nilai minimum 1087.28 psi. Grafik perubahan tekanan fluida dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perubahan Tekanan Fluida Kondisi *Full Open*

Temperatur 425°C juga tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap tekanan pada fluida. Pengaruh temperatur bisa dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Temperatur Fluida Kondisi *Full Open*

Berdasarkan analisis CFD terhadap *ball valve 4 inch ANSI 300* didapatkan hasil perubahan tekanan yang dipengaruhi oleh temperatur tinggi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil CFD

Kondisi	Ball Valve 4 inch ANSI 300	
	Full Closed	Full Open
Tekanan		
Input	1087.50 psi	1087.50 psi
Max. Output	1087.42 psi	1087.42 psi
Min. Output	1087.27 psi	1087.28 psi
Temperatur		
Input	425°C	425°C
Max. Output	425°C	425°C
Min. Output	425°C	425°C

V. PENUTUP

Kesimpulan

Tekanan yang terjadi pada *ball valve 4 inch ANSI 300*, tidak menunjukkan perubahan secara signifikan antara kondisi *full closed* dan *full open* setelah dilakukan analisis dengan *CFD flow simulation Solidworks*. Pada kondisi *full closed* perubahan tekanan berkisar 0.15 psi, sedangkan pada kondisi *full open* perubahan tekanan hanya sekitar

0.14 psi. Temperatur tinggi juga tidak mempengaruhi tekanan yang terjadi pada aliran dalam *ball valve*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *ball valve* merupakan *valve* yang memiliki kemampuan dan kehandalan yang sangat tinggi, terbukti dengan perbedaan tekanan yang tidak signifikan pada kondisi *full closed* maupun *full open*.

Penggunaan metode *Computational Fluid Dynamics*, merupakan metode yang baik digunakan untuk memastikan bentuk tekanan pada katup setelah hasil perancangan selesai dilakukan. Ini bertujuan untuk meminimalisir kegagalan pada saat *valve* selesai diproduksi.

Saran

Saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah bagaimana kekuatan *ball valve* berdasarkan pengaruh aliran fluida yang sudah dianalisis dengan CFD. Analisis lanjutan untuk mengetahui kekuatan komponen-komponen penting dalam *ball valve* dengan metode *Finite Elemen Analysis* (FEA).

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.-M. Chern, C.-C. Wang and C.-H. Ma, "Performance Test And Flow Visualization Of Ball Valve," *Experimental Thermal and Fluid Science*, 31, pp. 505-512, 2007.
- [2] A. Tabrizi, M. Asadi, G. Xie, G. Lorenzini and C. Biserni, "Computational Fluid-Dynamics-Based Analysis of a Ball Valve Performance in the Presence of Cavitation," *Journal of Engineering Thermophysics Vol. 23 No.1*, pp. 27-38, 2014.
- [3] C. Hirsch, Numerical Computation of Internal and External Flows. Volume 1 Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, Oxford: JohnWiley & Sons, Ltd, 2007.
- [4] W. A. Date, Introduction to Computational Fluid Dynamics, Bombay: United States of America by Cambridge University Press, New York, 2005.
- [5] W. J. Murdock, Fundamental Fluid Mechanics for The Practicing Engineer, Pennsylvania: MARCEL DEKKER, INC, 1993.
- [6] A. Y. Cengel and M. J. Cimbala, Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications, New York, NY: McGraw-Hill, a business unit of The McGraw-Hill Companies, Inc., 2006.
- [7] J. Zhang, "EFD Fluid Simulation Of Ball Valve on Solidworks," *Advanced Materials Research Vol. 82*, pp. 13-16, 2013.