

Analisis Kavitasasi dan Karakteristik Aliran Buka-an Katup *Globe Valve* Menggunakan Simulasi *Solidworks*

Ais Saiful¹⁾, Gatot Soebiyakto²⁾, Nurida Finahari³⁾
Prodi Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang
Jl. Taman Borobudur Indah 3 Malang
Email: nfinahari@widyagama.ac.id

Abstrak

Proses analisa karakteristik aliran fluida pada valve tidaklah mudah untuk dilakukan. Selain karena katup dan rangkaiannya merupakan ruang tertutup, geometri katup termasuk dalam kategori kompleks untuk analisis persamaan matematika. Simulasi berbasis aplikasi komputer merupakan jalan keluar yang mudah dan murah. Aplikasi simulasi khusus untuk aliran fluida juga telah dikembangkan. SolidWorks 2020 merupakan aplikasi desain berbasis komputer yang menawarkan metode operasional sederhana dan mudah dengan akurasi tinggi. Penelitian berbasis simulasi aliran fluida pada katup telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan menggunakan aplikasi yang berbeda-beda. Variabel bebas yang digunakan adalah lebar buka-an katup, sedangkan variabel terikatnya adalah head loss, koefisien tahanan dan koefisien aliran. Penelitian ini menambahkan kajian karakteristik kavitasasi dan aliran untuk melihat proses terbentuknya pusaran, dengan objek kajiannya adalah kontrol globe valve yang dipandu trim cage. Hasil penelitian ini menunjukkan kesamaan dengan penelitian sebelumnya, dengan adanya penambahan identifikasi batas kavitasasi dan peristiwa pusaran dalam rangkaiannya.

Kata kunci: *globe valve, kavitasasi, aliran fluida, simulasi, Solidworks*

1. PENDAHULUAN

Instalasi perpipaan adalah salah satu rangkaian penting dalam industri yang terkait dengan fluida. Di dalam setiap instalasi perpipaan selalu ditemukan sistem pengatur dan pengendali aliran. Sistem tersebut melibatkan komponen yang disebut katup/valve [1]. Katup adalah alat mekanis yang mengatur aliran atau tekanan cairan. Fungsinya bisa menutup atau membuka aliran, mengontrol laju aliran, mengalihkan aliran, mencegah aliran balik, mengontrol tekanan, atau mengurangi tekanan [2]. Di dalam katup sering terjadi adanya penurunan tekanan (*pressure drop*) dikarenakan beberapa faktor yaitu lebar buka-an katup, koefisien torsi, koefisien kehilangan, koefisien aliran, dan kekasaran permukaan dinding [3]. Dengan mengetahui kehilangan atau kerugian energi dalam suatu sistem katup, maka efisiensi penggunaan energi dapat ditingkatkan sehingga diperoleh keuntungan yang maksimal [4].

Control valve berfungsi sebagai *final control element* pada sebuah sistem pengendalian proses. Sebuah *control valve* harus selalu bekerja dalam rentang standar operasi yaitu pada buka-an katup 25% – 80% [5]. Jenis *control valve* yang sering ditemui antara lain *globe valve*, *ball valve* dan *butterfly valve*. *Globe valve* biasanya digunakan untuk situasi yang memerlukan perlambatan [6]. Laju aliran melalui katup dapat disesuaikan ke tingkat yang diinginkan. *Globe valve* memiliki geometri yang berbeda dibandingkan dengan jenis katup lainnya. Aliran fluida melalui katup akan berubah dari horizontal menjadi vertikal ke atas mengikuti geometri katup sebelum kembali ke aliran normal horizontal. *Globe valve* dapat digunakan untuk mengatur aliran atau tekanan serta menghentikan aliran sepenuhnya. Fungsi *Globe valve* ini berbeda dengan *gate valve* [7]. *Control valve* yang beroperasi pada temperatur dan *pressure drop* yang tinggi rentan mengalami kavitasasi dan alirannya

tercekik (*choked flow*). Kavitasi adalah suatu keadaan yang disebabkan oleh berubahnya fase cairan yang sedang dialirkan, dari cair menjadi uap, sehingga menimbulkan gelembung-gelembung [8]. Gelembung terbentuk di daerah bertekanan rendah, terbawa aliran dan pecah di daerah bertekanan tinggi. Gelembung ini menyebabkan erosi permukaan dan lubang pada metal [9].

Bukan suatu hal yang mudah untuk menyelidiki detail aliran fluida di dalam atau di luar suatu objek. Saat ini dimungkinkan untuk memeriksa dan memprediksi karakteristik aliran atau untuk mengoptimalkan geometri dengan menggunakan simulasi [10]. Untuk itu perlu dilakukan sebuah simulasi yang mendekati kondisi aktual aliran fluida di dalam obyek tersebut. Simulasi yang umum digunakan adalah menggunakan perangkat lunak CFD (*Computational Fluid Dynamics*). CFD adalah suatu cabang mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan komputasi untuk memecahkan dan menganalisis masalah [8]. Selain itu, terdapat satu aplikasi komputer lain untuk keperluan tersebut. *SolidWorks* adalah salah satunya.

SolidWorks 2020 merupakan perangkat lunak desain berbantuan komputer (*Computer Aided Design*), yang digunakan untuk membuat model 2D atau 3D [11]. Program komputer ini sederhana namun memungkinkan perancang untuk membuat komponen dan rakitan yang sangat detail serta gambar tingkat produksi. *SolidWorks* adalah alat yang sangat baik untuk menangani banyak tahapan pengembangan produk. Perangkat lunak ini tidak hanya menyediakan alat yang diperlukan untuk menghasilkan permukaan yang kompleks, rakitan las struktural, dan lainnya, tetapi juga memungkinkan untuk menguji desain sebelum proses pembuatan dimulai. Lingkup aplikasi termasuk untuk analisis dinamika fluida, respon statis dan dinamis, perpindahan panas, dan lain-lain. Aplikasi komputer ini memiliki keunggulan dalam meminimumkan waktu dan biaya desain produk, akurasi tinggi yang terkontrol, memiliki sistem studi yang dapat

menggantikan eksperimentasi yang sulit, berbahaya, dan melibatkan titik kritis. Hal ini menjadikan *SolidWorks 2020* satu alat bantu desain yang lebih ramah pengguna. Artikel ini membahas tentang kajian terbentuknya kavitasi dan karakteristik aliran menggunakan simulasi *SolidWorks 2020*. Hasil kajian dibandingkan dengan penelitian sejenis yang menggunakan aplikasi berbeda.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental berbasis simulasi menggunakan aplikasi *SolidWorks 2020*. Parameter simulasi meliputi variabel bebas berupa bukaan katup, dan variabel terikat berupa *head loss*, koefisien resitensi, dan koefisien aliran. Analisis hasil diarahkan untuk mendeteksi terjadinya kavitasi untuk kondisi simulasi yang dipilih.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil pemodelan dan pengaturan simulasi

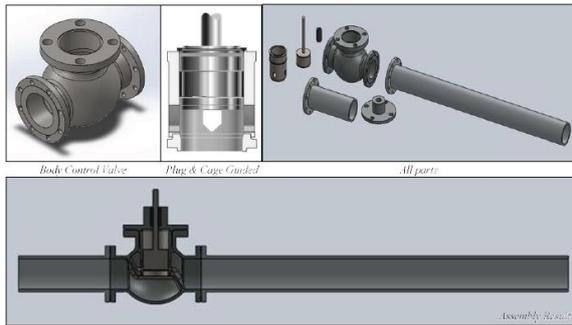
Proses pembuatan badan model obyek *control globe valve* mengikuti standar ASME B16.34 dengan ukuran *face to face* mengikuti standar ANSI B16.10. Data referensi diperoleh dari HRSG *Boiler Recirculation Feedwater Line*. Parameternya ditampilkan pada Tabel 1, dengan kondisi kelas operasional ditunjukkan pada Tabel 2. Model ini masuk dalam kategori Class 300. Hasil pemodelan 3D dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Parameter model [12]

Fluida	AIR
Tekanan, (kPa)	2380
Temperatur, (°C)	192
Flowrate (m ³ /s)	0,027
ΔP (kpa)	700
Line size (inch/mm)	6 / 150
Density (kg/m ³)	873,9
Vapor pressure (kpa a)	1315,14

Tabel 2. Basic Equations for Minimum Wall Thickness, mm [12]

Class P ₁	Diameter, d, mm	Metric equation, t _m , mm	Round
150	3 ≤ d < 50	t _m (150) = 0.064 d + 2.34	off, one decimal
150	50 ≤ d ≤ 100	t _m (150) = 0.020 d + 4.50	off, one decimal
150	100 < d ≤ 1 300	t _m (150) = 0.0163 d + 4.70	off, one decimal
300	3 ≤ d < 25	t _m (300) = 0.080 d + 2.29	off, one decimal
300	25 ≤ d ≤ 50	t _m (300) = 0.07 d + 2.54	off, one decimal
300	50 < d ≤ 1 300	t _m (300) = 0.033 d + 4.40	off, one decimal
600	3 ≤ d < 25	t _m (600) = 0.086 d + 2.54	off, one decimal
600	25 ≤ d ≤ 50	t _m (600) = 0.058 d + 3.30	off, one decimal
600	50 < d ≤ 1 300	t _m (600) = 0.0675 d + 2.79	off, one decimal
900	3 ≤ d < 25	t _m (900) = 0.15 d + 2.29	off, one decimal
900	25 ≤ d ≤ 50	t _m (900) = 0.059 d + 4.83	off, one decimal
900	50 < d ≤ 1 300	t _m (900) = 0.10449 d + 2.54	off, one decimal
1500	3 ≤ d ≤ 1 300	t _m (1500) = 0.18463 d + 2.54	off, one decimal
2500	3 ≤ d ≤ 1 300	t _m (2500) = 0.34091 d + 2.54	off, one decimal
4500	3 ≤ d ≤ 1 300	t _m (4500) = 0.78488 d + 2.54	off, one decimal



Gambar 1. Hasil pemodelan obyek

Dengan terselesaikannya proses pemodelan obyek, data parameter kondisi awal penelitian pada Tabel 1 diproses melalui *tool wizard*. Satuan unit sistem diatur untuk SI (m-kg-s), satuan temperatur menjadi Celsius, dan satuan panjang menjadi milimeter. Tipe analisis yang digunakan dipilih analisis internal karena area uji berada di dalam pipa dan katup. Fluida yang digunakan air yang masih berbentuk cair. Dalam simulasi ini digunakan asumsi kondisi adiabatik, dengan temperatur fluida awal 192°C dan tekanan 2380 kPa.

Pada *flow simulation tree*, semua item di dalam *tree* dikembangkan dan dipilih *computational domain*, kemudian mengatur geometri obyek dengan menggeser tanda panah hingga semua *sistem assembly* masuk di dalam kotak. Selanjutnya tutup (*lid*) pada setiap ujung area batasan kondisi yang diperlukan dalam analisa ditentukan, dimana fluida mengalir masuk dan keluar. Dalam hal ini *boundary condition* ditetapkan dengan nilai spesifik *inlet total pressure* sebesar 2380 kPa, *outlet volume flowrate* aliran fluida sebesar 0.027 m³/s (100 m³/jam).

Simulasi dimulai dengan

menetapkan *goal* dan pilihan parameter sasaran yang diinginkan. *Global goal* adalah sasaran untuk semua daerah domain, sedangkan *surface goal* adalah sasaran untuk salah satu permukaan saja. Parameter sasaran secara global yang diinginkan adalah temperatur, densitas, dan kecepatan fluida, sedangkan *surface goal* yang ingin diraih adalah *static pressure* pada *outlet*. Pengaturan *mesh* dilakukan secara otomatis pada skala 4 dari 7. Proses simulasi yang dilakukan menggunakan variabel bebas bukaan katup. Oleh karena itu, untuk mempermudah menjalankan program *solver*, pada *configuration manager* perlu ditambahkan kondisi bukaan katup dengan memasukkan jarak untuk mengatur bukaan katup tersebut. Dengan pengaturan ini program *solver* sudah bisa dieksekusi (*run*).

3.2 Hasil simulasi

3.2.1 Simulasi *head loss*

Dalam praktek teknik, kerugian aliran fluida dalam sistem perpipaan secara tradisional dibagi menjadi dua komponen, yaitu kerugian akibat gesekan sepanjang bagian pipa lurus dan kerugian karena fitur pipa lokal seperti tikungan, katup, *throttle* dan lain lain [10]. Secara umum, sebuah katup dievaluasi menggunakan tiga koefisien tergantung pada sifat fluida, kecepatan aliran, perbedaan tekanan (*pressure loss*, ΔP) antara tekanan masuk dan keluar, koefisien aliran, koefisien resistensi, dan indeks kavitasi [13]. Katup dapat dianggap analog dengan lubang kontrol dimana area bukaan mudah disesuaikan. Dengan demikian, kerugian gesekan melintasi katup bervariasi terhadap aliran [13]. Diketahui persamaan Bernoulli mengenai *head loss* adalah

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{1}{2g} v_1^2 + y_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{1}{2g} v_2^2 + y_2 + Hl \quad (1)$$

Karena y_1 dan y_2 adalah ketinggian dan mempunyai nilai yang sama, dan aliran telah terisi penuh, maka kecepatan awal dan kecepatan akhirnya sama $v_1 = v_2$. Jadi *head loss* (Hl),

$$Hl = \frac{\Delta p}{\rho g} \quad (2)$$

Untuk ρ = densitas rata-rata, dan g = percepatan gravitasi.

Hasil simulasi bukaan katup terhadap nilai *head loss* ditunjukkan pada Tabel 3, untuk densitas fluida pada temperatur 192°C adalah sebesar 873 kg/m³ dan besarnya gravitasi adalah 9.81 m/s². Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa penambahan bukaan katup mempengaruhi besarnya *head loss*. Semakin besar bukaan katup, semakin kecil *pressure drop* yang terjadi maka semakin kecil pula *head loss* pada katup. Anomali terjadi pada bukaan katup 15% menuju 30%. Tekanan pada *downstream* drastis dari sebesar 401230 Pa menjadi sebesar 2.04 Mpa, sehingga *pressure drop* terukur sangat tinggi, meskipun *head loss* tetap menunjukkan penurunan (Gambar 2). Mengacu pada persamaan 2, temuan simulasi menunjukkan kesesuaian hasil.

Tabel 3. Hasil simulasi *head loss*

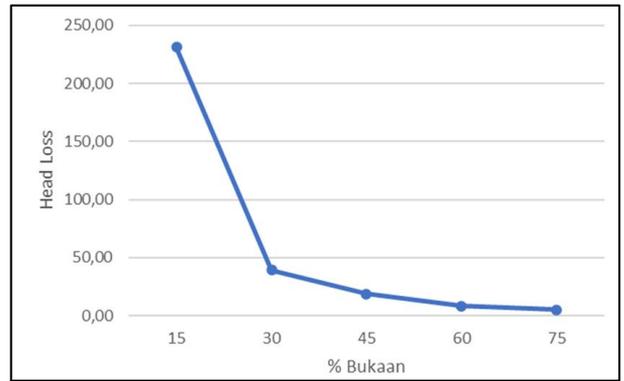
Bukaan Katup (%)	Downstream Pressure (Pa)	Pressure Drop (Pa)	Head Loss (m)
15	401230.39	1978769.61	231.05
30	2045394.78	334605.22	39.07
45	2220447.75	159552.25	18.63
60	2310212.36	69787.64	8.15
75	2335038.02	44961.98	5.25

3.2.2. Simulasi koefisien resistensi

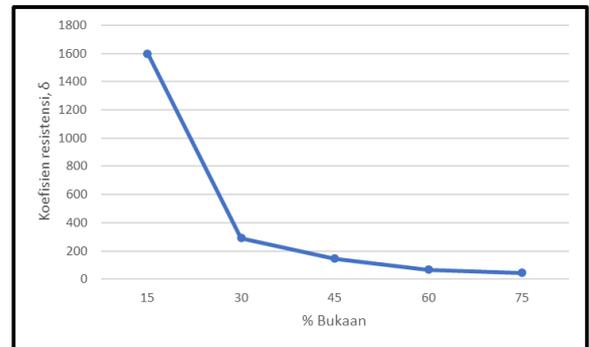
Dengan cara yang sama dengan simulasi *head loss*, diperoleh hasil simulasi pengaruh bukaan katup terhadap koefisien resistensi (Gambar 3). Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan bukaan katup mengakibatkan penurunan koefisien resistensi, tetapi meningkatkan koefisien aliran. Koefisien resistensi adalah kerugian gesek di dalam katup dalam hal tekanan dan kecepatan [13] yang ditentukan dalam persamaan:

$$\delta = \frac{2\Delta P}{\rho v^2} \tag{3}$$

Hasil simulasi menunjukkan kesesuaian dengan persamaan 3.



Gambar 2. Hasil simulasi pengaruh bukaan katup terhadap *head loss*



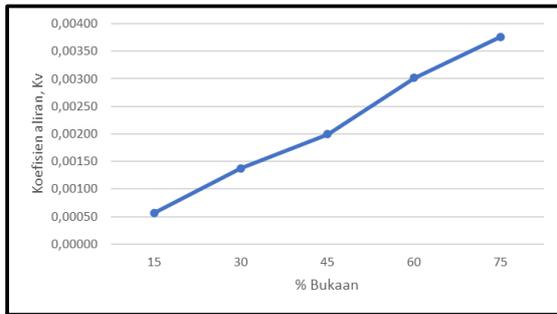
Gambar 3. Hasil simulasi pengaruh bukaan katup terhadap koefisien resistensi

3.2.3 Simulasi koefisien aliran

Koefisien aliran K_v adalah versi koefisien C_v dalam satuan SI campuran. Koefisien resistensi dan koefisien aliran saling berhubungan. Koefisien aliran menyatakan jumlah meter kubik per jam air yang akan mengalir melalui katup dengan kehilangan tekanan satu bar pada posisi pembukaan tertentu, seperti yang didefinisikan oleh persamaan [6]:

$$K_v = Q \left(\frac{\rho}{\Delta p} \right)^{1/2} \tag{4}$$

dimana Q menyatakan debit aliran. Koefisien aliran berbanding terbalik dengan *pressure loss*. Hasil simulasi (Gambar 4) juga menunjukkan kesesuaian dengan persamaan 4. Karena grafik koefisien aliran hampir membentuk garis lurus, maka aliran di dalam pipa simulasi adalah aliran berjenis laminar.



Gambar 4. Hasil simulasi pengaruh bukaan katup terhadap koefisien aliran

3.2.4 Simulasi bilangan Reynold

Jenis aliran bergantung pada rasio gaya inersia terhadap gaya viskos dalam fluida. Bilangan Reynolds yang terjadi pada lubang *orifice* dapat ditentukan dengan persamaan:

$$Re = \frac{\rho D v}{\mu} \quad (5)$$

dimana D = jarak lubang *orifice* (m),

μ = dynamic viscosity (centipoise),

v = laju aliran rata-rata (m/s).

Hasil simulasi perhitungan bilangan Reynold meningkat seiring dengan peningkatan bukaan katup (Tabel 4). Hasil perhitungan simulasi untuk Bilangan Reynold menunjukkan nilai di atas 4000. Hal ini mengindikasikan bahwa aliran yang terjadi dalam pipa adalah turbulen. Dengan demikian terindikasi terjadi perbedaan temuan antara hasil simulasi koefisien aliran dan bilangan Reynold. Perbedaan ini mengindikasikan terjadinya kavitasi di dalam pipa.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Bilangan Reynold

Bukaan Katup	D	Density	Dynamic Viscosity	v	Reynold Number
15	0.0075	872.9	1.0052	1.684	10967.69
30	0.015	873.03	1.0052	1.62	21104.88
45	0.0225	873.04	1.0052	1.587	31012.81
60	0.03	873.05	1.0052	1.546	40282.59
75	0.0375	873.05	1.0052	1.525	49669.27

3.2.5 Analisis kavitasi pada katup

Kavitasi adalah salah satu hasil dari aliran tercekik (*choked flow*), yang terjadi dari peningkatan *pressure drop* pada saat mempertahankan *inlet pressure*

konstan, tanpa menghasilkan peningkatan *flow rate*. Simulasi tidak dapat menunjukkan gelembung udara akan tetapi dengan memeriksa tekanan terukur dan membandingkannya dengan kondisi terjadinya tekanan uap (Gambar 5), yaitu:

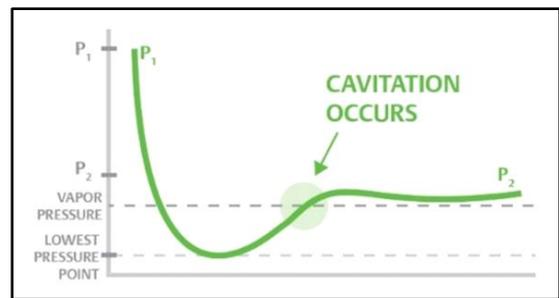
Tidak terjadi kavitasi jika,

$$P \geq Pv \Leftrightarrow \sigma \geq |\delta| \quad (6)$$

Terjadi kavitasi jika,

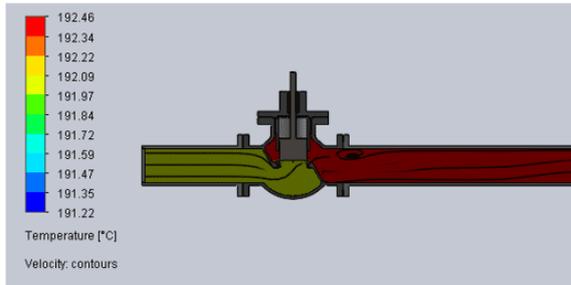
$$P \leq Pv \Leftrightarrow \sigma \leq |\delta| \quad (7)$$

dapat ditengarai kondisi simulasi yang menghasilkan kavitasi. Kavitasi terjadi ketika fluida berubah fase menjadi uap sehingga timbul gelembung udara. Gelembung udara ini akan terbawa aliran dan tekanan kembali naik di atas tekanan uapnya. Kenaikan tekanan akan menyebabkan gelembung udara yang terbawa aliran pecah.

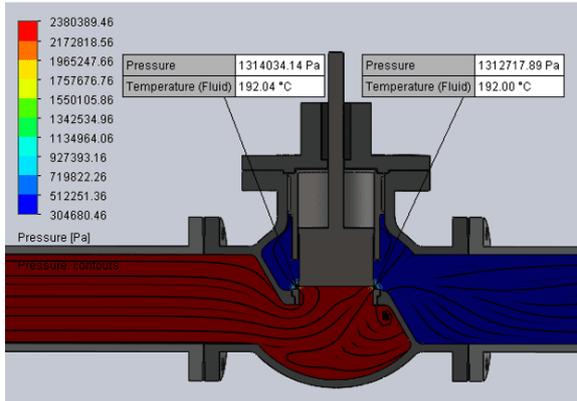


Gambar 5. Diagram tekanan kavitasi [6]

Dalam simulasi ini distribusi perubahan temperatur yang terjadi tidak terlalu signifikan (Gambar 6), temperatur maksimum terukur pada 192.48 °C. Dari temperatur fluida yang diketahui 192°C maka besarnya *vapour pressure* dapat dihitung menggunakan interpolasi sehingga didapat tekanan 13.15 bar atau setara dengan 1315 kPa. Pada bukaan 15% terlihat bahwa setelah melewati lubang *orifice* tekanan mulai menurun sampai di bawah tekanan uap. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut fluida cair berubah menjadi gas dan terjadi kavitasi. Gambar 7 menunjukkan area batas awal terjadinya perubahan fluida cair menjadi gas.



Gambar 6. Distribusi perubahan temperatur



Gambar 7. Batas mulai terjadinya kavitasi

Dalam kasus kavitasi, terjadi perubahan fasa cair menjadi fasa gas. Karena pergerakan dari cairan di dalam valve sangat kompleks, maka dapat digunakan persamaan kontinuitas untuk mencari kondisi fraksi campuran dari fluida dengan persamaan berikut:

$$\rho_m = \alpha \rho_v + (1 - \alpha) \rho_l \quad (8)$$

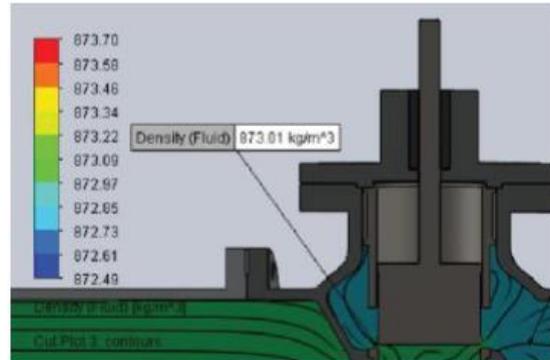
$$\alpha = \frac{\rho_m - \rho_l}{\rho_v - \rho_l} \quad (9)$$

dimana ρ_m densitas campuran, ρ_v densitas gas, ρ_l densitas cair, dan α fraksi volume campuran.

Persamaan yang mengatur untuk model kavitasi yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada pendekatan fluida tunggal, yang menganggap campuran sebagai satu fluida. Data pada Tabel 5 dapat digunakan untuk mengetahui batas densitas pada saat kondisi gas dan cair. Adapun batas densitas kondisi cair sebesar 873.06 kg/m³ dan batas kondisi gas sebesar 6.68 kg/m³ (Gambar 8).

Tabel 5. *Water Saturation Properties* [12]

Temp (°C)	Pressure (bar)	volume (m ³ /kg)	
		vf	vg
120	1.9867	0.0010603	0.89121
140	3.6154	0.0010798	0.50845
160	6.1823	0.001102	0.30678
180	10.028	0.0011274	0.19384
190	12.552	0.0011415	0.15636
200	15.549	0.0011565	0.12721
220	23.196	0.0011902	0.086092



Gambar 8. Density media bukaan 15%

Pada Gambar 9 terlihat sebaran densitas fluida pada saat bukaan 15% tepat sebelum memasuki *orifice* sudah mulai terjadi perubahan kondisi cair menjadi campuran. Pada saat media telah melewati *orifice* densitasnya menjadi 872.8 kg/m³. Dengan menggunakan persamaan 8 dan 9, terhitung fraksi kondisi uap campuran setelah *orifice* sebesar 0.000969. Ini menunjukkan bahwa tingkat kavitasi yang terjadi sangat kecil. Untuk memastikan hal ini perlu diperhatikan parameter index kavitasi, yang menjadi ukuran kemungkinan terjadinya kavitasi. Index kavitasi menentukan tingkat pengembangan terjadinya kavitasi, dan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{P_0 - P_v}{\rho v^2 / 2} \quad (10)$$

Dimana

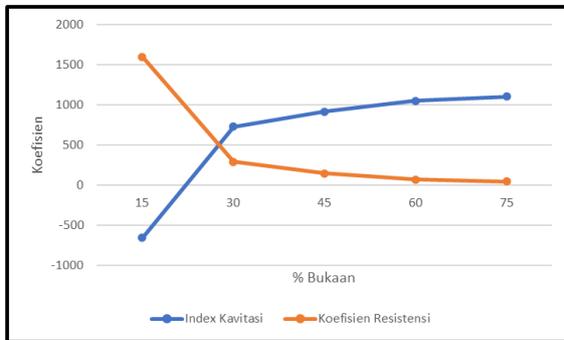
- P₀ = Pressure (bar absolute)
- P_v = *Pressure Vapour* (1315000 Pa)
- v = Kecepatan aliran
- σ = Index Kavitasi

Hitungan indek kavitasi ditunjukkan pada Tabel 6 dan Gambar 9. Dari Tabel 6 terlihat bahwa pada saat bukaan 15%

tekanan *outlet* terjadi di bawah nilai tekanan uapnya yang berarti sudah terjadi kavitasi. Pada bukaan 30% nilai index kavitasi sebesar 726.01. Nilai ini lebih tinggi dari nilai koefisien resistensinya yang sebesar 292.09. Hal ini menunjukkan kemungkinan timbulnya kavitasi rendah. Kondisi ini menjelaskan terjadinya perubahan *pressure drop* yang sangat tinggi pada Tabel 3.

Tabel 6. Index Kavitasi

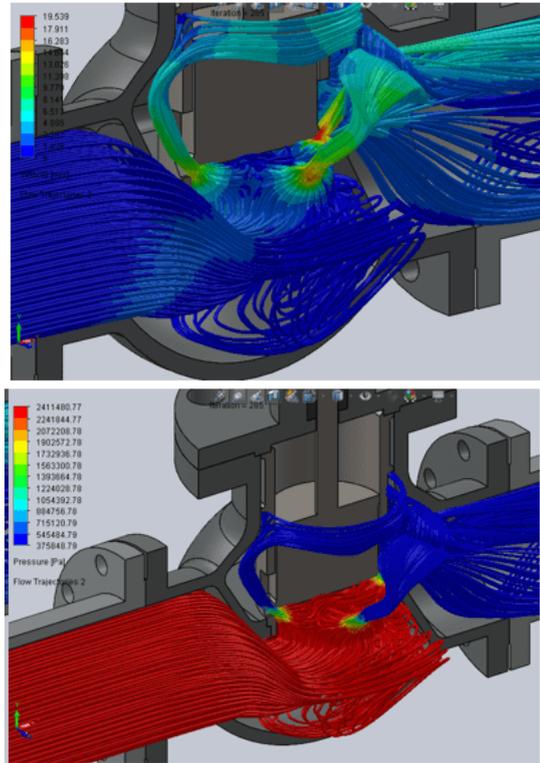
Bukaan	PV Pa	Density Kg/m ³	Outlet Pressure Pa (absolute)	Kecepatan aliran m/s	Index Kavitasi	Koefisien Resistensi
15	1315000	873.03	502555.4	1.684	-656.312	1598.55
30	1315000	873.04	2146720	1.62	726.0104	292.09
45	1315000	873.04	2321773	1.587	915.7427	145.13
60	1315000	873.05	2411537	1.546	1050.982	66.89
75	1315000	873.05	2436363	1.525	1104.581	44.29



Grafik 9. Batas terjadinya kavitasi

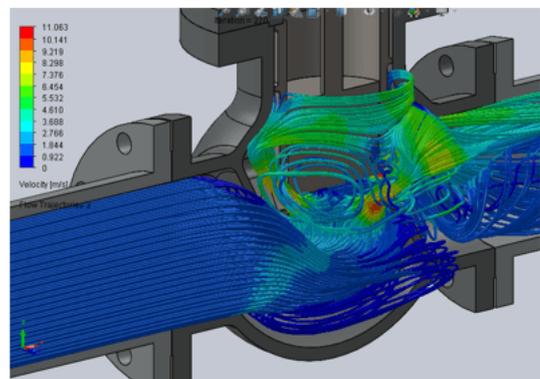
3.2.6 Karakteristik lintasan aliran

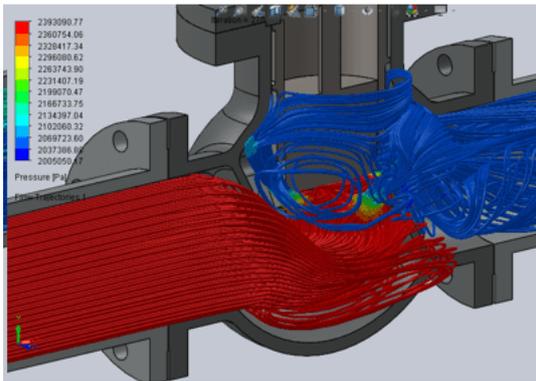
Visualisasi hasil simulasi untuk karakteristik aliran yang melintasi katup juga bisa dimunculkan. Pada bukaan katup 15% nampak bahwa aliran fluida yang mengalir mengalami banyak pusaran (*vortex*) yang saling bertumbukan hingga kecepatan fluida menurun hingga 0 m/s, sedangkan kecepatan aliran setelah melalui lubang *orifice* sangat tinggi hingga 19 m/s (Gambar 10). Hal ini menyebabkan suara yang sangat kencang. Terlihat tekanan setelah *orifice* menjadi sangat rendah karena kecepatan aliran yang meningkat tajam. Hal ini menyebabkan *pressure drop* yang sangat tinggi sehingga dalam aliran fluida rentan terjadi kavitasi.



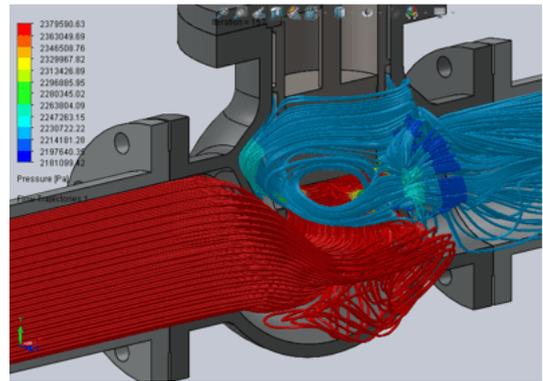
Gambar 10. Lintasan bukaan valve 15%

Pada bukaan katup 30%, kecepatan aliran setelah melalui lubang *orifice* mencapai 11 m/s dan tekanannya sebesar 2045 kPa (Gambar 11). Dengan *pressure drop* yang tidak terlalu tinggi kemungkinan timbulnya kavitasi rendah. Aliran fluida memenuhi bagian dalam katup dan pada bagian pipa *downstream*, tetapi masih terlihat pusaran yang cukup banyak.





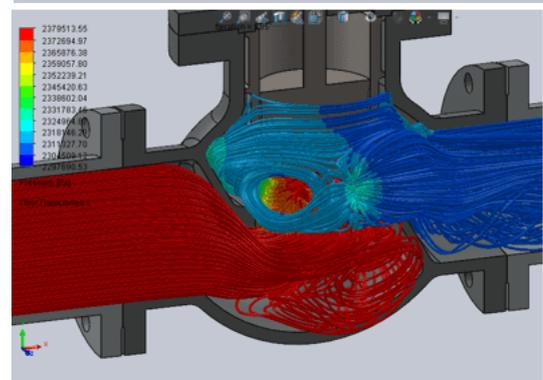
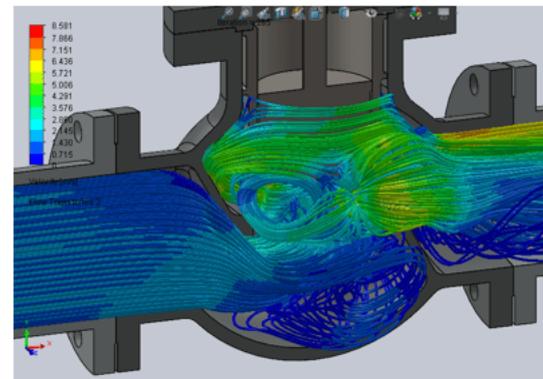
Gambar 11. Lintasan bukaan valve 30%



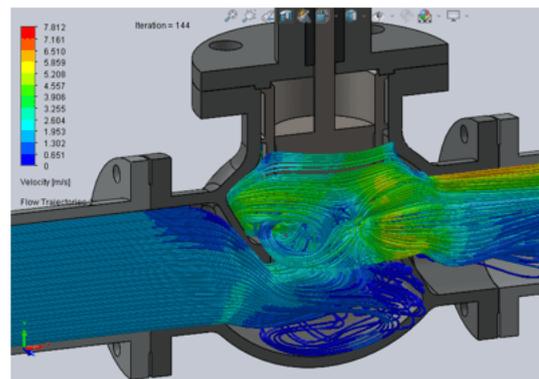
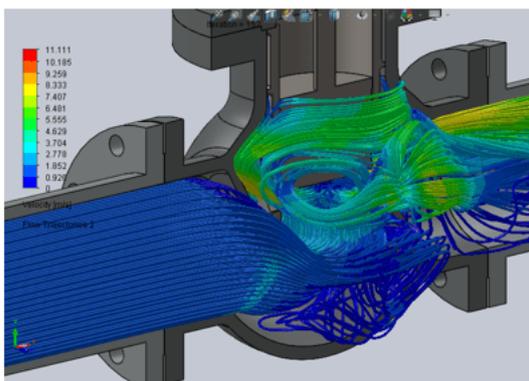
Gambar 12. Lintasan bukaan valve 45%

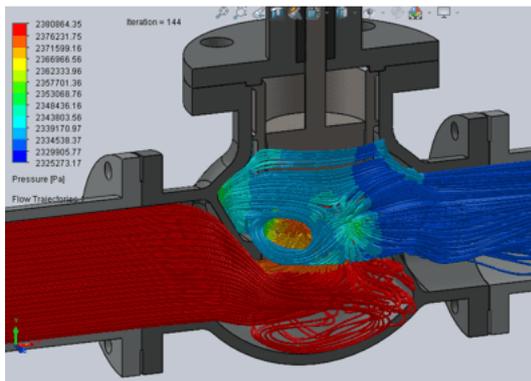
Pada bukaan katup 45% (Gambar 12) kecepatan fluidanya mencapai 10 m/s, tetapi *pressure drop* yang terjadi cukup rendah. Pada tekanan 2220 kPa kemungkinan adanya kavitasi tidak dapat terjadi. Aliran fluida setelah *orifice* terlihat tidak terjadi pusaran. Pada Gambar 13 dan 14, kecepatan aliran fluida setelah *orifice* berada di bawah 10 m/s. *Pressure drop* yang terjadi rendah dan aliran fluida setelah *orifice* terlihat tanpa pusaran.

Eksperimentasi berbasis simulasi *SolidWorks* 2020 pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada penelitian-penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [4][10][14]. Mereka melakukan kajian mengenai pengaruh bukaan katup terhadap karakteristik aliran yang meliputi *head loss*, *pressure drop*, koefisien resistensi, dan koefisien aliran. Dalam hal ini varian katup yang mereka teliti adalah katup *butterfly*, katup bola, *gate valve*, *globe valve*, dan *plug valve*. Penelitian kami mengkaji varian *control globe valve trim cage guided*.



Gambar 13. Lintasan bukaan valve 60%





Gambar 14. Lintasan bukaan valve 75%

Hasil *pressure drop globe valve* menurut hasil analisis Qiu, et al. [15] pada saat *opening* rendah, bernilai tinggi karena desain dari katup memiliki luas *orifice* yang kecil. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Malik, et al. [4] yang mendapatkan nilai *pressure drop* tidak terlalu tinggi. Pada penelitian kami juga menghasilkan *pressure drop* yang tinggi akan tetapi pada saat bukaan lebih dari 30% *pressure drop* yang dihasilkan lebih moderat. Besarnya *pressure drop* ini mempengaruhi koefisien resistensi, koefisien aliran dan *head loss*.

Penelitian ini juga membahas kavitasasi. Penelitian-penelitian terdahulu, kajian kavitasasinya dilakukan pada *control globe valve* dengan *cage* berlubang, *ball valve*, dan *venturi orifice*. Celik, et al. [10] dan Aulia, et al. [8] hanya menunjukkan index kavitasasi dan tidak menjustifikasi terjadinya kavitasasi. Beberapa peneliti menghitung fraksi volume uap dengan membandingkan besarnya densitas fluida yang terjadi, dengan hasil lebih akurat. Penelitian ini menggunakan gabungan metode index kavitasasi dan fraksi uap sehingga hasil yang didapatkan lebih terverifikasi. Penelitian kami juga menambahkan kontur lintasan aliran yang terjadi untuk menganalisis terjadinya vortex atau pusaran aliran di dalam sistem. Ini merupakan aspek kebaruan penelitian, selain dari penggunaan aplikasi CAD yang berbeda, yaitu *SolidWorks 2020*, yang lebih menawarkan kemudahan dan kesederhanaan proses tanpa mengurangi tingkat akurasi.

4. KESIMPULAN

Hasil simulasi sesuai dengan persamaan-persamaan dasar analisis fluida. Menurut hasil analisis, *pressure drop* berubah sesuai dengan *flowrate* dan posisi bukaan katup. Jika jarak bukaan katup kecil maka *pressure drop*, *head loss* dan koefisien resistensi besar tetapi indeks kavitasasi kecil. Pada saat indeks kavitasasi lebih kecil dari koefisien tahanan gelembung kavitasasi akan mulai terjadi. Dalam penelitian ini pada bukaan 15% terjadi kavitasasi, posisi bukaan *valve* yang aman dan terhindar dari kavitasasi dimulai pada bukaan 30%.

Penelitian ini menghasilkan verifikasi simulasi yang lebih lengkap dari metode dan hasil penelitian-penelitian sejenis terdahulu, dengan menggunakan aplikasi CAD yang berbeda. *SolidWorks 2020* yang digunakan menawarkan akurasi yang baik tetapi proses operasionalnya lebih sederhana dan mudah.

REFERENSI

- [1]. Zami, Z. (2010). Analisa Valve dan Kerusakannya. *Jurnal Suara Teknik FT Unmuh Pontianak*, 70-76.
- [2]. Rahmi, M., & Canra, D. (2018). Analisis kekuatan ball valve akibat tekanan fluida menggunakan finite element analysis. *Jurnal Teknologi Terapan*, vol 4 No 2.
- [3]. Asriati, S., Nasrul, Z., Muhammad, Jalaluddin, & Azhari. (2021). Simulasi pengaruh bukaan valve terhadap *pressure drop* dan kavitasasi pada control valve tipe ball valve dengan menggunakan software autodesk CFD (Computational Fluid Dynamic). *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 1 (2) : 46-55.
- [4]. Malik, A., Nuryanti, S., Andayani, R., & Djunaidi, R. (2021). Analisa kerugian head pada berbagai jenis valve terhadap variasi bukaan valve. *Teknika : Jurnal Teknik*, 8(1) : 12-20.
- [5]. Damayanti, R., Santosa, P., & Santosa, B. (2015). Penentuan ukuran control valve pada unit pengolahan air bebas mineral iradiator gamma PRFN. *PRIMA*, 12(1) : 10-19.

- [6]. Parisher, R., & Rhea, R. (2002). *Pipe Drafting and Design*. Massachusetts: Gulf Professional Publishing.
- [7]. Al-Amin, N., Rani, A., Awang, M., Rani, M., Ishar, N., Thompson, H., . . . Hassan, A. (2021). Simulation-enabled Design and Analysis of Globe Valve. *Journal of Physics: Conference Series* (p. 2051.012025). IOP Science Publishing.
- [8]. Aulia, A., Nasrul, Z., Sylvia, N., Hakim, L., & Bahri, S. (2022). Kajian Terhadap Kavitasi Dan Pressure Drop Pada Buka-an Control Valve Tipe Globe Valve Dengan Menggunakan Software Autodesk CFD (Computational Fluid Dynamics). *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 1(4) : 57-66.
- [9]. Yaghoubi, H; Madani, S; Alizadeh, M. (2018). Numerical study on cavitation in a globe control valve with different numbers of anti-cavitation trims. *J Cent South Univ*, 25(11): 2677-87.
- [10]. Celik, H., Rennie, A., Karayel, D., & Akinci, I. (2011). "Determination of flow parameters through CFD analysis for agricultural irrigation equipment : A case study for a mini valve. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 7(3) : 231-239.
- [11]. SEACAD. (2021, July 28). *Fitur baru di SolidWorks 3D CAD 2020*. Retrieved from Seacadtech.co.id: <https://seacadtech.co.id/id/fitur-baru-solidworks-3d-cad-2020/>
- [12]. Smith, P., & Zappe, R. (2004). *Valve Selection Handbook, 5th edition*. Burlington: Gulf Professional Publishing.
- [13]. Yousaf, B., Qaisrani, M., Khan, M., Sahar, M., & Tahir, W. (2021). Numerical and experimental analysis of the cavitation and study of flow characteristics in ball valve. *Nonlinear Engineering*, 10(1) : 535-545.
- [14]. Arman, R., Mahyoedin, Y., Khaidir, & Desilpa, N. (2019). Studi Aliran Air Pada Ball Valve Dan Butterfly Valve Menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamics. *Jurnal Kajian Teknik Mesin (JKTM)*, 4(1) : 38-49.
- [15]. Qiu, C., Jiang, C., Zhang, H., Wu, J., & Jin, Z. (2019). Pressure drop and cavitation analysis on sleeve regulating valve. *Processes*, 7(11) : 829.