

Kajian Computational Fluid Dynamic (CFD) pada Hallow Cone Valve (HCV)

Ridwan Abdurrahman^{1, a*}, Ari D. Pasek^{1b} dan Hernawan Mahfudz²

¹Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara Institut Teknologi Bandung

²Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung

* ridwan.abdurrahman290@gmail.com, aripasek@gmail.com, hernawan_m@yahoo.com

Abstrak

Hollow Cone Valve merupakan aksesoris pengatur untuk melepaskan kelebihan air yang digunakan pada pelimpah *morning glory* pada bendungan Jatiluhur. Pada proses pembuatannya terjadi ketidaksesuaian fabrikasi yang dikhawatirkan memicu kavitas. Kavitas merupakan peristiwa perubahan fasa zat cair yang sedang mengalir sehingga membentuk gelembung-gelembung uap disebabkan karena berkurangnya tekanan cairan tersebut sampai dibawah titik jenuh uapnya. Dalam kajian *Computational Fluid Dynamic* (CFD) pada aliran di dalam katup ditujuan untuk mengetahui fenomena apa saja yang terjadi pada aliran sekitar katup dan pengaruhnya pada saat beroperasi. Simulasi numerikal menggunakan ANSYS FLUENT 16 dengan mengasumsikan fluida adalah satu phasa. Kalkulasi sudah dilakukan dengan berbagai variasi tekanan input dari 3,85 Bar hingga 6 Bar dan untuk masing masing tekanan input dilakukan jenis bukaan katup sebagian (10%) dan bukaan penuh (100%). Pada akhir pengujian dikarenakan ditemukan adanya kavitas pada input aliran 6 bar bukaan 100% maka dilakukan design rekomendasi.

Kata kunci: *CFD, kavitas, hallow cone valve, absolute pressure.*

Pendahuluan

Pelimpah merupakan suatu bangunan yang digunakan sebagai saluran pengeluaran air berlebih dari suatu bendungan atau tanggul ke area di hilirnya. Pelimpah akan melepaskan debit air lebih sehingga air tidak meluap mengakibatkan overtoping dan menggerus lereng hilir atau bahkan menghancurkan bendungan. Kecuali selama periode banjir, air secara normal tidak mengalir melalui pelimpah. Pelimpah utama memiliki desain yang unik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, mengacu berdasarkan bentuknya pelimpah dinamakan pelimpah tipe Morning Glory.

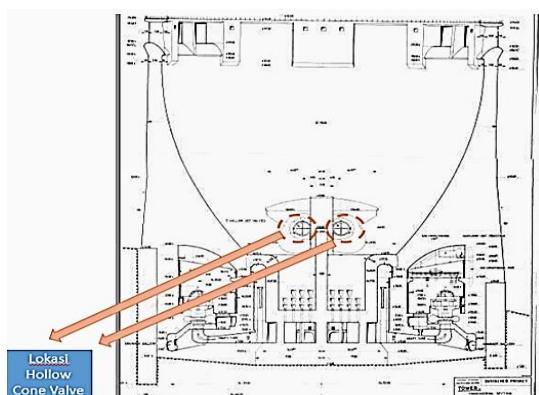
Pada lokasi Bendungan Jatiluhur, aksesoris pengatur untuk melepaskan kelebihan air menggunakan katup jenis *Hollow Cone*. Namun dalam penggeraan pembuatan valve terjadi ketidaksesuaian fabrikasi, katup (*valve*) yang baru dibuat didalam negeri oleh PT Barata Indonesia

yaitu timbulnya tonjolan bagian pangkal core, sehingga dikhawatirkan akan berpengaruh kepada performa dari *morning glory*.

Kegiatan Analisa *Computational Fluid Dynamic* (CFD) pada aliran di dalam katup bertujuan untuk mengetahui fenomena apa saja yang terjadi pada aliran sekitar katup dan pengaruhnya pada saat beroperasi. Analisa dilakukan untuk tinggi muka air dan bukaan katup yang bervariasi.

Metodologi

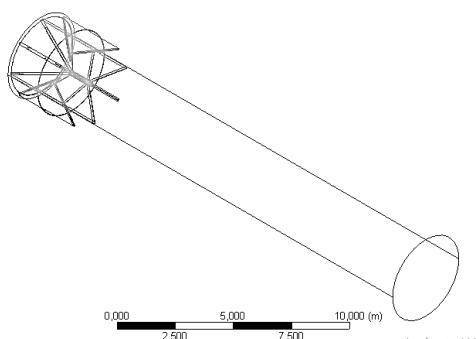
Hallow cone valve. Pada lokasi Bendungan Jatiluhur, aksesoris pengatur untuk melepaskan kelebihan air menggunakan katup jenis *Hollow Cone*.



Gambar.1 Skema pelimpah tipe *morning glory* [1]

Namun dalam penggeraan pembuatan valve terjadi ketidaksesuaian fabrikasi, katup (*valve*) yang baru dibuat didalam negeri oleh PT Barata Indonesia yaitu timbulnya tonjolan bagian pangkal core, sehingga dikhawatirkan akan berpengaruh kepada performa dari morning glory.

Geometri. Model HCV dirancang menggunakan dirancang dan dimesh dengan menggunakan ANSYS DESIGN MODELER GEOMETRY



Gambar.2 Geometri

Geometri yang dibuat merupakan hasil perpotongan antara geometri didalam pipa dan geometri valve, sehingga menghasilkan geometri fluida yang mengalir

Pada bagian outlet sebagai pengatur bukaan dilakukan variasi lebar yakni 1,5 m pada bukaan penuh, dan 0,015 m pada bukaan 10%. Bagian inlet terletak pada bagian kanan bawah dengan diameter 2 m.

Kavitas. Kavitas merupakan peristiwa berubah fasa zat cair yang sedang mengalir

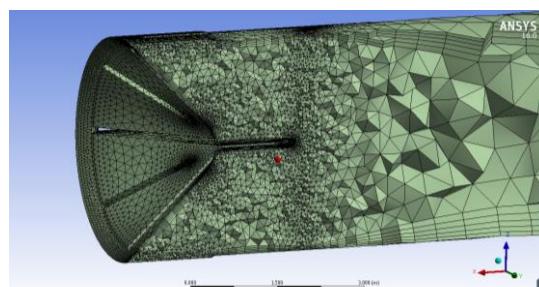
sehingga membentuk gelembung-gelembung uap disebabkan karena berkurangnya tekanan cairan tersebut sampai dibawah titik jenuh uapnya. Sehingga agar terhindar dari kavitas maka tekanan kerja fluida mesti di atas tekanan saturasinya.

Tabel 1. Tekanan saturasi air [2]

T (oC)	Psat (kPa)	T (oC)	Psat (kPa)
10	1,228	45	9,594
15	1,706	50	12,351
20	2,339	60	19,946
25	3,170	70	31,201
30	4,247	80	47,415
35	5,629	90	70,182
40	7,384	100	101,418

Dalam hal ini diambil titik acuan yaitu pada kondisi 25° Celcius dengan tekanan saturasi sebesar 3,170 kPa. Sehingga apa bila pada daerah tertentu, terdapat fluida yang memiliki tekanan dibawah 3,170 kPa maka pada daerah akan terjadi uap dan gelembung.

Mesh. Mesh merupakan pembagian objek menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. Semakin kecil meshing yang dibuat maka hasil perhitungan akan semakin teliti namun membutuhkan durasi komputasi yang besar. Dalam pemodelan ini digunakan mesh dengan pilihan referensi fisik Fluent CFD, dengan kombinasi Program Controlled Inflation dan refinement sizing di outlet sebesar 5 cm, sehingga menghasilkan mesh dengan jumlah elemen 1,161,444 unit. Gambar.3 menampilkan bentuk mesh fluida di dalam valve dan pipa



Gambar.3 Mesh fluida di dalam valve dan pipa

Kondisi Batas. Dalam studi ini aliran mengalir dengan tekanan input berupa 3,85 bar, dan 6 bar. Sedangkan tekanan output berupa 1 bar. Dengan mengkalkulasi bilangan Reynold maka diketahui bahwa aliran merupakan turbulent, sehingga dalam kalkulasi CFD pada pemodelan ini menggunakan model *viscous turbulent* [3]. Kecepatan aliran pada inlet adalah 24 m/s, dan 34 m/s.

Selain kondisi batas diatas, terdapat beberapa asumsi yang dilakukan yakni [4]:

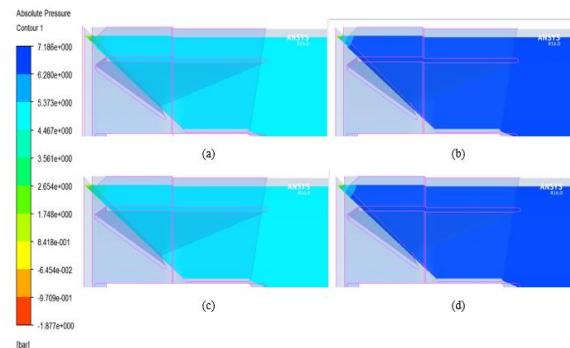
- Fluida, diasumsikan sebagai *single phase*
- Kalkulasi dilakukan dalam kondisi *steady state*
- Kondisi operasi didalam pipa dimodelkan memiliki tekanan yang seragam sesuai dengan input yang diberikan.

Simulasi CFD. Penyelesaian persamaan kelestarian massa, momentum, dan energi dalam arah sumbu X-Y-Z dilakukan dengan pendekatan dengan volume finit yang dibangun menggunakan mesh [5]. Simulasi aliran gas/udara hasil pembakaran dilakukan dengan menggunakan ANSYS FLUENT versi 16.

Hasil dan diskusi

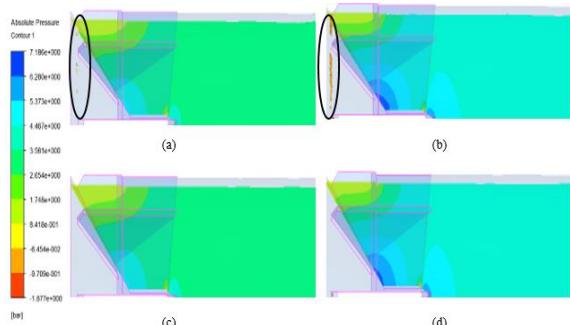
Hasil pada penelitian ini membandingkan kondisi cone sempurna dan cone hasil fabrikasi untuk tekanan input 3,85 bar dan 6 bar pada bukaan penuh (100%) dan sebagian (10%).

Kasus pertama merupakan simulasi pada bukaan sebagian (10%)



Gambar.4 Kontur tekanan absolut pada bukaan 10 %: (a) cone hasil fabrikasi dengan input 3,85 bar; (b) cone hasil fabrikasi dengan input 6 bar; (c) cone sempurna dengan input 3,85 bar; (d) cone sempurna dengan input 6 bar

Sedangkan kasus kedua merupakan simulasi pada bukaan penuh (100%)



Gambar.5 Kontur tekanan absolut pada bukaan 100 %: (a) cone hasil fabrikasi dengan input 3,85 bar; (b) cone hasil fabrikasi dengan input 6 bar; (c) cone sempurna dengan input 3,85 bar; (d) cone sempurna dengan input 6 bar

Dengan membandingkan Gambar.4 dan Gambar.5 maka dapat dilihat bahwa kavitas hanya terjadi pada bagian cone hasil fabrikasi pada bukaan 100%.

Rekomendasi

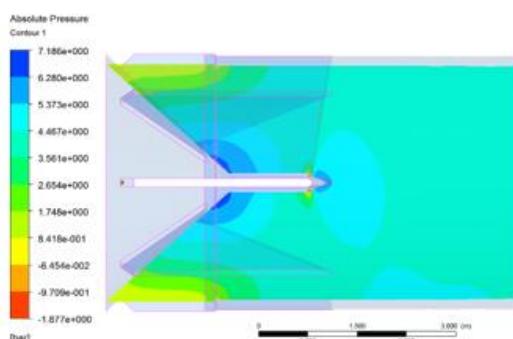
Dikarenakan pada kondisi 6 bar bukaan 100 % memiliki tekanan absolut negatif, maka dilakukan berbagai simulasi penanganan masalah tersebut. Dalam hal ini bentuk rekomendasi dilakukan dengan cara:

- Penurunan tekanan input pada cone hasil fabrikasi tekanan 6 bar menjadi 5 bar pada bukaan 100 %
(opsi 1)

- Penurunan bukaan pada cone hasil fabrikasi tekanan 6 bar bukaan 100 % menjadi bukaan 90%, 80%, 70%, 60%, 55%, & 50% (opsi 2)

Opsi 1

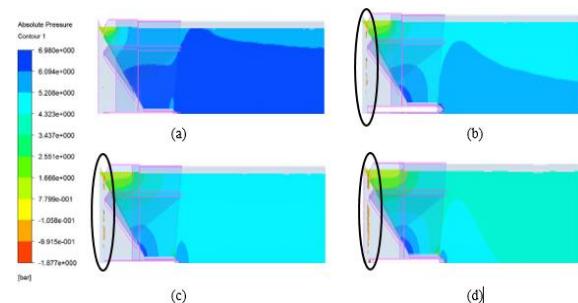
Gambar.6 menunjukkan pembesaran gambar hasil simulasi pada bagian sisi ring. Pada cone hasil fabrikasi dengan input 5 bar pada bukaan 100 %, tekanan absolut yang terjadi berada di atas tekanan uap jenuh, sehingga tidak terjadi kavitas.



Gambar.6 Kontur tekanan absolut pada bukaan 100 % pada cone hasil fabrikasi dengan input 5 bar

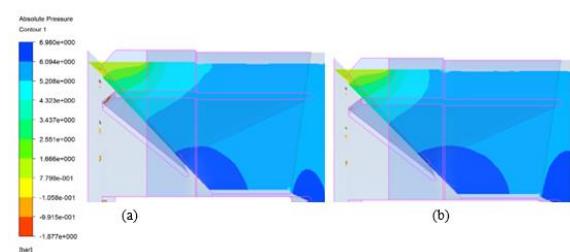
Opsi 2

Gambar.7 menunjukkan hasil simulasi pada bagian sisi ring. Pada cone hasil fabrikasi dengan input 6 bar pada variasi bukaan katup 70%, 80%, & 90% terjadi tekanan absolut dengan nilai dibawah tekanan uap jenuh (terjadi kavitas). Bagian ini semakin luas seiring dengan bertambahnya input pressure, sedangkan pada bukaan 50 % tidak terjadi tekanan absolut dengan nilai dibawah tekanan uap jenuh (tidak terjadi kavitas). Hal ini dikarenakan friksi antara fluida pada variasi bukaan katup 70%, 80%, & 90% masih tergolong besar dibandingkan dengan bukaan 50 %



Gambar.7 Kontur tekanan absolut pada tekanan input 6 bar: (a) cone hasil fabrikasi dengan bukaan 50%; (b) cone hasil fabrikasi dengan bukaan 70%; (c) cone hasil fabrikasi dengan bukaan 80%; (d) cone hasil fabrikasi dengan bukaan 90%

Untuk mengetahui sejauh mana batas terjadinya kavitas maka dilakukan simulasi untuk melihat absolut pressure pada bukaan antara 55 % dan 60 %



Gambar.8 Kontur tekanan absolut pada tekanan input 6 bar: (a) cone hasil fabrikasi dengan bukaan 55%; (b) cone hasil fabrikasi dengan bukaan 60%;

Gambar.8 menunjukkan hasil simulasi pada bagian sisi ring. Pada cone hasil fabrikasi dengan input 6 bar pada variasi bukaan katup 55 % dan 60 % terjadi tekanan absolut dengan nilai dibawah tekanan uap jenuh (terjadi kavitas), namun bagian tersebut hanya berupa titik yang memiliki luasan daerah yang kecil, sehingga apa bila dibandingkan dengan luasan daerah fluida yang bekerja maka absolut pressure dengan nilai negatif dapat diabaikan.

Kesimpulan

Hasil simulasi mengindikasikan bahwa:

1. Pada bukaan katup 10%, dengan pemodelan cone hasil fabrikasi dan cone sempurna baik dengan tekanan input 3,85 bar maupun 6 bar, tekanan absolut yang terjadi berada di atas tekanan uap jenuh, sehingga tidak terjadi kavitas.
2. Pada bukaan katup 100%, dengan pemodelan cone sempurna input 3,85 bar maupun 6 bar, tekanan absolut yang terjadi berada di atas tekanan uap jenuh, sehingga tidak terjadi kavitas. Pada cone hasil fabrikasi input 3,85 bar maupun 6 bar, tekanan absolut yang terjadi berada dibawah tekanan uap jenuh, sehingga terjadi kavitas. Bagian ini semakin luas seiring dengan bertambahnya input pressure. Hal ini dikarenakan friksi antara fluida dengan permukaan cone yang tergolong besar.
3. Ketidaksuain fabrikasi menyebabkan fenomena kavitas.
4. Cara mengatasinya :
 - Apabila elevasi muka air di atas +98 m (tekanan input $> 5\text{bar}$) maka bukaan valve tidak boleh melebihi 50% - 60 %
 - Apabila elevasi muka air dibawah atau sama dengan +98 m (tekanan input $\leq 5\text{bar}$) maka bukaan valve boleh mencapai 100%

Referensi

- [1] Barata Indonesia, HCV valve Approve Seal existing, Tegal, 2014.
- [2] Moran, Michael J. Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer. New York: Wiley, 2003
- [3] ANSYS Fluent 15.0 User's Guide, 2015.
- [4] Firman Tuakia, "Dasar-Dasar CFD Menggunakan Fluent", Informatika, Bandung, 2008
- [5] John D Anderson, Computational Fluid Dynamic, The Basics With Application. Direc von Karman, Institute For Fluid Dynamic. Belgium, 1995.