

Analisa Pengaruh Kavitasasi pada *Control Valve* Terhadap Getaran pada Pipa *Continous Blowdown*

Achmad Irfan Khoharudin Syah^{1*}, Muhammad Shah², Nora Amelia Novitric³

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program studi D-IV Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

E-mail: Achmadirfannss@gmail.com^{1*}; muh.shah59@yahoo.co.id^{2*}; norah_ajah@yahoo.com^{3*}

Abstract – *Vibration in piping systems is a problem that often occurs. The vibration is not only caused by the increasing of the flowrates (Flow Induced Vibration), but there are other things cause vibration such as cavitation, high frequency acoustic excitation, mechanical excitation and pulsation. On this research will be done analysis of the pipe that links between steam drum and blowdown drum that vibrates because the fluid flow through it by using Ansys simulation. Based on calculations made, obtained maximum stress von mises from modeling software ANSYS to each openings 5%, 10% and 15% is of 23802.14 Psi, Psi 21397.42 and 18154.37 Psi. The value of these three openings only 15% which is still in the allowable limits based on ASME B31.3 i.e. of 20015.20 Psi. While the value of the natural frequency of the respective openings 5%, 10% and 15% is 4.5315 Hz, 4.4222 Hz, 4.3352 Hz. Each value of the natural frequencies satisfy the limits of consent based on the standards of the DNV-RP-D101, i.e. no less than 4-5 Hz. From the analysis and modelling undertaken can be inferred that the valve openings of 15% is the most secure openings in terms of voltage and frequency naturally.*

Keyword: *Ansys 17.2, cavitation, control valve, natural frequencies, modal analysis*

Nomenclature

X	<i>Fasa Fluida</i>
Re	<i>Angka Reynold</i>
V	<i>Kecepatan Fluida (m/s)</i>
D	<i>Density of fluid (kg/m³)</i>
Hf	<i>Entalphy Fluida (Kj/Kg)</i>
Hg	<i>Entalphy Gas (Kj/Kg)</i>

1. PENDAHULUAN

PT.P adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam produksi pupuk yang terkenal di Indonesia. Perusahaan ini memiliki beberapa *plant* dengan masing masing proses yang berbeda. Sebagai perusahaan kimia, PT.P memproduksi ammonia dan urea sebagai produksi utama. Pupuk urea sebagai core bisnis utama PT.P diproduksi dari reaksi synthesis ammonia (NH₃) dan CO₂. Kapasitas produksi ammonia sebesar 1,85 juta ton/th. Proses reaksi pembentukan ammonia dari bahan baku Gas Alam dan udara. Proses produksi pupuk tersebut tidak lepas dari penggunaan *piping system*. *Piping system* adalah suatu sistem perpipaan yang mengintegrasikan suatu peralatan dengan peralatan yang lain digunakan untuk mentransfer fluida.

Dalam sistem perpipaan vibrasi merupakan masalah yang sering terjadi. Vibrasi tidak hanya disebabkan oleh peningkatan *flowrates (Flow Induced Vibration)* tetapi ada hal-hal lain penyebab vibrasi seperti kavitasasi, *high frequency*

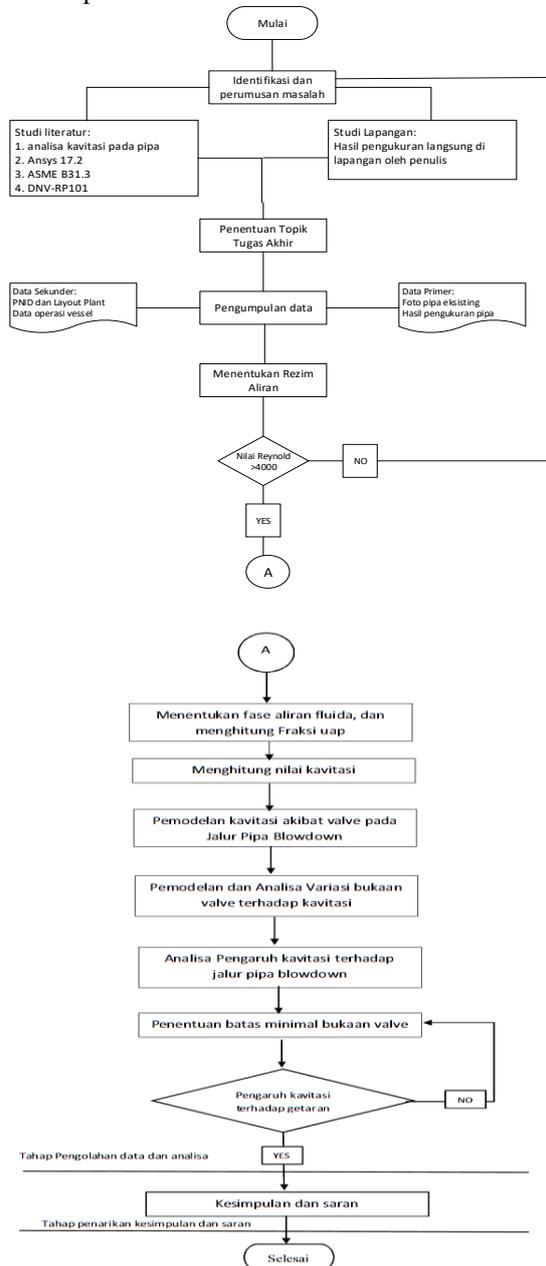
acoustic excitation, Mechanical Excitation dan Pulsation. Kavitasasi terjadi karena terbentuknya gelembung-gelembung uap akibat penurunan tekanan. Bila penurunan tekanan ini sampai dibawah tekanan uap jenuhnya maka akan menyebabkan terbentuknya gelembung-gelembung uap, lalu berkembang dan bergerak mengikuti aliran zat cair sampai ke daerah tekanan yang lebih tinggi, selanjutnya gelembung uap tersebut akan pecah akibat tekanan sekelilingnya.

Objek tugas akhir ini adalah pipa *blowdown* dari V-0201 menuju ke V-0211 di Pabrik 1A PT.P. *Blowdown* ini adalah jenis *continous blowdown*, yaitu *blowdown* yang secara otomatis akan beroperasi jika air sudah melebihi batas maksimum atau jika kualitas air umpan tidak baik. Besarnya *flowrate* dari operasi pipa ini diatur oleh *control valve* yang telah di *setting* manual dengan bukaan tertentu. Di lapangan pipa ini terlihat bergetar, diindikasikan bahwa getaran ini akibat adanya kavitasasi karena penurunan tekanan pada *control valve*. Pada tugas akhir ini akan menganalisa pengaruh kavitasasi terhadap getaran pipa dengan pemodelan software dengan 3 kondisi variasi bukaan valve 5%, 10% dan 15%. Dari variasi tersebut akan dapat dibandingkan kondisi pipa akibat aliran dari masing-masing bukaan *valve*

2. METODOLOGI

2.1 Metode Penelitian

Didalam penelitian ini di perlukan data-data untuk perhitungan. Data-data di dapat dari data teknis dan data lapangan. Berikut ini adalah diagram proses pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini



Gambar 1. Proses Tengerjaan Tugas Akhir

2.2 Rezim Aliran Fluida

Aliran fluida dapat dibedakan atas 3 jenis yaitu aliran laminar, aliran transisi, dan aliran turbulen. Jenis aliran ini didapat dari hasil eksperimen yang dilakukan oleh Osborne Reynold tahun 1883 yang mengklasifikasikan aliran menjadi 3 jenis. Jika fluida mengalir melalui sebuah pipa berdiameter, d , dengan kecepatan rata-rata, V , maka didapatkan bilangan

Reynold di mana bilangan ini tergantung pada kecepatan fluida, kerapatan, viskositas, dan diameter. Aliran dikatakan laminar jika partikel-partikel fluida yang bergerak teratur mengikuti lintasan yang sejajar pipa dan bergerak dengan kecepatan sama. Aliran ini terjadi apabila kecepatan kecil dan atau kekentalan besar. Aliran disebut turbulen jika tiap partikel fluida bergerak mengikuti lintasan sembarang di sepanjang pipa dan hanya gesekan rata-rata saja yang mengikuti sumbu pipa. Aliran ini terjadi apabila kecepatan besar dan kekentalan zat cair kecil. Bilangan Reynold dinyatakan dalam persamaan 2.1.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \quad (1)$$

Berdasarkan percobaan aliran di dalam pipa, Reynold menetapkan bahwa untuk bilangan Reynold di bawah 2000 ($Re < 2000$), gangguan aliran dapat diredam oleh kekentalan zat cair maka disebut aliran laminar. Aliran akan menjadi turbulen apabila bilangan Reynold lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$). Apabila bilangan Reynold berada di antara kedua nilai tersebut ($2000 < Re < 4000$) disebut aliran transisi. Bilangan Reynold pada kedua nilai di atas ($Re = 2000$ dan $Re = 4000$) disebut dengan batas kritis bawah dan atas.

2.3 Fase Fluida

Fase suatu fluida dapat di ketahui dengan membacanya melalui diagram T-s. Setiap fluida memiliki diagram T-s yang berbeda. Diagram T-s adalah diagram yang menggambarkan hubungan antara temperatur (T) dengan entropi (s) fluida pada kondisi tekanan, entalpi, fase dan massa jenis tertentu. Jadi pada diagram T-s terdapat besaran-besaran tekanan, massa jenis, temperatur, entropi, entalpi, dan fase fluida. Pada tugas Akhir ini akan dianalisa fluida 2 fase yaitu liquid dan vapor (uap). Kadar uap dalam campuran fluida disebut faktor kebasahan atau sering disingkat dengan huruf X (Yuanita, 2017). besar faktor kebasahan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$X = \frac{hg(t) - hf}{hfg} = \frac{sg(t) - sf}{sfg} \quad (2)$$

2.4 Kavitasi

Kavitasi didefinisikan sebagai pembentukan uap dalam suatu aliran fluida sebagai akibat turunnya tekanan pada saat temperature konstan. Fenomena ini sangat berbahaya dan diketahui sebagai fenomena yang bersifat merusak pada bagian-bagian penting instrumen dalam sebuah proses diantaranya kontrol valve yang bila sangat tinggi akan mengakibatkan valve menjadi getas dan akhirnya pecah. (Agustiyan, 2012)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa aliran fluida menggunakan software ANSYS Fluent dengan data-data pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Data operasi

Keterangan	Nilai			
Material	A106 B			
NPS	2"			
OD	60.325	mm	2.375	inch
ID	42.8498	mm	1.687	inch
Thickness	8.7376	mm	0.344	inch
Sch	160			
Operating Temperature 1	615.2	F	324	C
Operating Temperature 2	302	F	150	C
Operating Pressure 1	11767.98		kPa	
Operating Pressure 2	3800		kPa	
Ambient Temperature	25		C	
SMYS	20000		psi	
Young Modulus	294499225.5		psi	
rho pipe	7833	kg/m ³	-	lbm/inch ³
rho fluid	658	kg/m ³	-	lbm/inch ³
Corrosion Allowance	1.7		mm	
rho water	998		kg/m ³	
Flowrate	15		m ³ /jam	

3.1 Perhitungan Fase Fluida

1. Mencari nilai h_f dan h_g

h_f adalah nilai entalphy fluida (*saturated liquid "f"*) pada tekanan P. sedangkan h_g adalah nilai entalphy fluida (*saturated Vapour "g"*) pada tekanan P. Dari tabel 4.3 diatas didapatkan nilai:

$$h_f = 1507,4532 \text{ kJ/kg}$$

$$h_g = 2676,7432 \text{ kJ/kg}$$

1. Potensi terbentuk 2 fase fluida

$h > h_f < h_g$: Terbentuk 2 fase

$h > h_f, h_f < h_g$: Terbentuk 1 fase

Pada kasus ini, berpotensi terbentuk 2 fase fluida.

2. Mencari nilai persentase dari 2 fase fluida yang terbentuk

$$X = \frac{2676,7432 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 1507,4532 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{1507,4532 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 2676,7432 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$= 0.279 \approx 27.9 \%$$

Dari perhitungan menunjukkan bahwa terbentuk 2 fase.

3.2 Prosedur Simulasi dan Setup Perhitungan Frekuensi Natural

Simulasi ini dimulai dengan menggambar geometri valve berukuran 2" dengan Panjang pipa inlet 1.1 m dan pipa outlet 2.6m menggunakan *design modeler*. Kemudian dilakukan *meshing* dengan metode *tetrahedral* dengan jumlah element antara 4.5×10^5 sampai 9×10^5 . *Setup fluent* dilakukan dengan metode *pressure based, transient* dengan *multiphase mixture* dengan

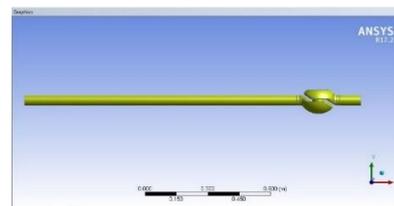
phase interaction cavitation. Untuk *viscosity* di pilih *k-epsilon, realizable* dan *enhance wall treatment*. Material yang di pilih adalah *water* dan *water vapor*. *Boundary condition* pada *inlet* menggunakan *pressure inlet* sebesar 124 bar , sedangkan *pressure outletnya* 0. *Inialization* yang digunakan adalah metode *hybrid*, sedangkan *calculation methode* menggunakan *coupled*. Pada simulasi ini iterasi dilakukan sebanyak 1000 iterasi dengan time step 0.1 dan *number of time step* 2.

Setelah simulasi *fluent* pada *control valve* berhasil dilakukan, langkah selanjutnya adalah menggambar geometri pipa yang bergetar pada simulasi *fluent* yang kedua. *Setup fluent* kali ini menggunakan *velocity* dan *volume fraction* hasil dari *fluent* yang pertama. Setelah *fluent* yang kedua berhasil dilakukan, langkah selanjutnya adalah membuat *link geometry fluent* menuju *static structure* dan parameter *setup static structure* dari *solution fluent*. Pada model *static structure geometry* fluida harus di *suppress*, jadi hanya geometri pipa saja yang tampak pada pemodelan. *Load* pemodelan *static structure* ini menggunakan *pressure load* dari *fluent* yang telah di hubungkan. Langkah selanjutnya adalah *import pressure* dan *solve*. Setelah berhasil lihatlah *equivalent stress (von mises)* pada pipa dan deformasinya. Hal ini dilakukan untuk langkah selanjtnya yaitu *modal analysis*.

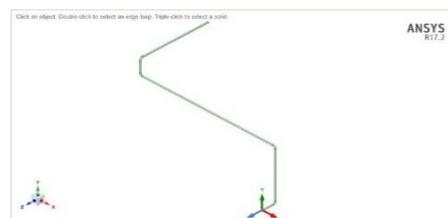
Setelah *static structure* dilakukan, bukalah *worksheet modal analysis*, kemudian hubungkan *geometry*, model dan *solution* dari *static structure* pada *modal analysis*. Di *mechanical worksheet modal analysis* lihatlah hasil dari frekuensi naturalnya dengan melakukan *solving*.

3.3 Geometry

Dalam simulasi ini terdapat 2 geometri berbeda di masing-masing variasi 5%, 10% dan 15%, yaitu *geometry valve* dan geometri pipa yang bergetar. Geometri dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut ini.



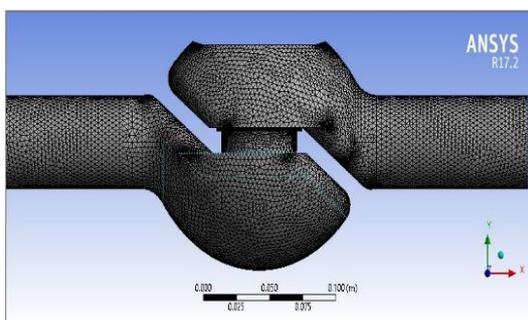
Gambar 2. Geometri Control Valve



Gambar 3. Geometri pipa getar

3.4 Meshing

Setelah geometri selesai dikerjakan kemudian pada objek yang dihasilkan dilakukan proses *meshing* atau membagi objek menjadi bagian-bagian kecil agar dapat dilakukan analisis dengan CFD. Ukuran *mesh* yang terdapat pada suatu objek akan mempengaruhi ketelitian analisis CFD. Semakin kecil ukuran *mesh* pada suatu objek maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti. Ukuran *mesh* yang kecil membutuhkan daya komputasi dan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan objek yang memiliki ukuran *mesh* lebih besar. Oleh karena itu, besaran ukuran *mesh* harus diatur sedemikian rupa agar dapat diperoleh hasil yang teliti dan diusahakan daya komputasi yang tidak terlalu besar. Adapun hasil *meshing* pada analisa tahap 1 ditunjukkan pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Hasil meshing valve

Hasil dari meshing tersebut dapat dilihat dari Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Tabel Hasil Meshing

Application	Domain	Nodes	Element
Fluent	Fluid_Flow_v olume	14884 4	778216
Fluent	Fluid_Flow_ Volume	22977 0	564742
Mecahnical	Pipe_Surface	10791 0	15405

3.5 Result

Hasil akhir dari pemodelan *fluent*, *static structure* dan *modal analyzis* adalah berupa Tegangan *von mises* dan frekuensi natural. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini

Tabel 3. Tabel Hasil Pemodelan

Kon disi buk aan vak ve	Tegangan von mises (Psi)		Frekuensi Natural (Hz)		Volume Fractio n (m ³)
	Minim um	Maxi mum	Mini mum	Maxi mum	
5%	467.60 16665	23802 .14	4.531 5	25.36 3	0.00195 5837
10%	431.96 54434	21397 .42	4.422 2	24.95 3	5.41971 4x10 ⁻⁶

15%	401.50 79694	18154 .37	4.335 2	24.76 1	2.69434 1x10 ⁻⁶
-----	-----------------	--------------	------------	------------	-------------------------------

4. KESIMPULAN

Dari hasil pemodelan ini dapat disimpulkan bahwa bukaan 15% adalah bukaan yang paling aman. Hal itu dapat dilihat dari segi tegangan *von mises* yang masih di dalam batas *allowable* yaitu 20000 Psi (ASME, 2012) dan frekuensi natural yang masih di dalam batas *allowable* yaitu di atas 4Hz (DNV-RP-D101, 2008)

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pembuatan penelitian ini. Pihak yang dimaksud adalah:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
2. Istri penulis tercinta Rizka Nozy Ambarwati yang selalu memberikan dukungan dan doa selama pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Muhammad Shah, selaku dosen pembimbing I yang selalu memberi pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan tugas akhir.
4. Ibu Nora Amelia Novitrie, selaku dosen pembimbing II yang selalu memberi pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan tugas akhir.
5. Pembimbing dari PT.PKT Bontang yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu.
6. Keluarga besar program studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustyan, D. A. (2012). Simulasi Kavitasi Pada Kontrol Valve . Surabaya: ITS
- [2] ASME. (2012). *ASME B31.3 Process Piping*. USA: ASME.
- [3] DNV-RP-D101. (2008). *Structural Analysis of Piping System*. Deutch: DNV.
- [4] Yuanita, I. (2017). *Analisa Pengaruh Flow Induced Turbulence* . Surabaya: PPNS.