

## ANALISA RASIO KERUGIAN ALIRAN FLUIDA PADA *ELBOW* PVC DENGAN VARIASI SPASING DAN MODE ALIRAN MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

Erdiansyah

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kebangsaan RI

Email: erdianz@gmail.com

### ABSTRAK

Penggunaan pipa PVC dalam kehidupan sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan air bersih telah menjadi kebutuhan yang tidak bisa diabaikan. Selain karena kemudahan dalam instalasi, pipa PVC juga dikenal kuat dan mempunyai daya tahan di lingkungan indoor dan outdoor. Walau demikian pipa PVC mempunyai batas kekuatan akan tekanan yang bekerja terutama dalam varian elbow PVC. Dalam tulisan ini penulis akan mencoba analisa perbandingan (rasio) kerugian aliran air perhitungan manual pada elbow dengan perhitungan menggunakan Computational Fluid Dynamics dengan variasi spasing mesh dan mode perhitungan.

**Kata kunci:** pipa pvc, elbow, software, meshing

### ABSTRACT

*The use of PVC pipes in everyday life to meet the needs of clean water has become a necessity that cannot be ignored. Apart from being easy to install, PVC pipes are also known to be strong and have durability in both indoor and outdoor environments. However, PVC pipe has a limit on the strength of the pressure that works, especially in the PVC elbow variant. In this paper, the author will try to analyze the comparison (ratio) of water flow losses in manual calculations at the elbow with calculations using Computational Fluid Dynamics with variations of spacing mesh and calculation modes.*

**Keywords:** pvc pipes, elbow, software, meshing

### I. PENDAHULUAN

Penggunaan pipa PVC dalam kehidupan sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan air bersih telah menjadi kebutuhan yang tidak bisa diabaikan. Pipa PVC memiliki beberapa keunggulan, misalnya kemudahan dalam instalasi. Pipa PVC juga dikenal kuat dan mempunyai daya tahan yang baik dalam penggunaan di lingkungan indoor maupun outdoor. Walau demikian pipa PVC mempunyai batas kekuatan akan tekanan yang bekerja terutama dalam varian elbow PVC. Pada beberapa implementasi di lapangan, kebocoran pipa PVC biasa terjadi pada bagian *elbow*, dikarenakan tekanan fluida yang melebihi batas toleransi dan kualitas material pipa elbow yang kurang baik.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah mengetahui:

1. Bagaimana hasil simulasi menggunakan model aliran turbulen Omega.
2. Bagaimana perbedaan ukuran mesh berpengaruh terhadap nilai hasil perhitungan
3. Bagaimana pola hasil simulasi dan perhitungan untuk mesh 1 spasing dan mesh 2 spasing

### II. TINJAUAN PUSTAKA

Aliran fluida, sifat-sifat dan karakteristiknya sudah lama menjadi bahasan dalam mekanika fluida. Fluida didefinisikan sebagai zat mampu alir dan dapat menyesuaikan bentuk dengan wadah yang ditempatinya, serta jika diberikan tegangan geser, berapapun kecilnya akan menyebabkan fluida bergerak dan berubah bentuk secara terus-menerus selama tegangan geser tersebut bekerja (White, dalam Zainudin, et al 2012). Terjadinya perubahan aliran pipa pada bagian elbow sering menjadi bahan kajian di laboratorium dan di lapangan. Hal lain yang menarik dari kajian pada pipa elbow adalah sering terjadinya erosi terutama pada industri minyak dan gas yang mengakibatkan perubahan aliran yang cepat (Sedrez, et al, 2019).

Untuk mengetahui fenomena tekanan pada pipa elbow PVC, penelitian membandingkan perhitungan manual dan simulasi perhitungan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* yang divariasikan dalam ukuran mesh dan mode hitungnya. Hasil yang didapatkan diharapkan dapat

menjadi referensi dalam perhitungan menggunakan bantuan perangkat lunak. Akan tetapi dalam penelitian ini ada beberapa variabel yang diabaikan yaitu panas fluida. Menarik di bahas di masa depan bahwa pengaruh thermal pada pipa dapat menyebabkan variasi stress dan perubahan struktur karena *thermal fatigue* (Liu, et al,2011). Penelitian lain oleh Zainudin, et.al (2012) menyimpulkan bahwa adanya beberapa variasi sudut sambungan belokan pada pipa menyebabkan timbulnya penurunan tekanan dan *head losses* aliran fluida pada pipa.

Penelitian lain oleh Silalahi (2017), memperoleh hasil bahwa diameter penampang pipa, material pipa dan debit aliran fluida memberikan pengaruh yang signifikan terhadap head losses. Penelitian lainnya tentang aliran fuida khusus pada kontraksi dan pembesaran pipa dilakukan oleh Cahyono (2017), memberikan hasil bahwa kerugian pada kontraksi diameter pipa, semakin kecil diameter pipa kerugian semakin meningkat karena dipengaruhi oleh kecepatan aliran. Pada pembesaran diameter pipa, kecepatan aliran dan diameter pipa akan sangat berpengaruh terhadap besarkecilnya rugi-rugi aliran. Yani et.al (2021), dalam penelitiannya tentang Analisa kerugian head akibat perluasan dan penyempitan penampang pada sambungan 90° memberikan hasil bahwa terjadi variasi perubahan kerugian head pada variasi debit dan variasi perubahan penampang pipa.

**III. METODOLOGI**

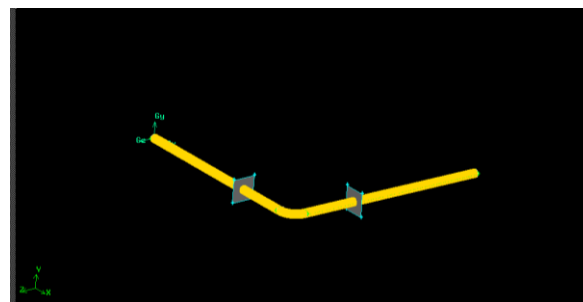
**Pipa Elbow**

Analisa rasio kerugian aliran dalam pipa PVC akan disimulasikan dengan radius sebesar 2D dan bersudut 90°. Penentuan menggunakan elbow sudut 90° karena elbow pipa tersebut sering dan umum digunakan dalam instalasi pemipaan dalam penggunaan oleh masyarakat umum. Sedangkan untuk radius 2D direncanakan untuk penelitian lanjut untuk membandingkan dengan dimensi yang berbeda.

**Skema Pengukuran**

Penelitian ini menggunakan 2 buah pipa lurus berdiameter 21 mm dengan Panjang masing-masing sebesar 500 mm dengan urutan pipa lurus-

elbow 2D-pipa lurus. Titik pengukuran di tentukan pada 145 mm sebelum dan sesudah elbow 2D. dimana posisi pipa lurus pertama berada di sumbu-x positif dan elbow mengarah ke sumbu-z negatif dan tersambung ke pipa lurus kedua. Dapat terlihat titik pengukuran pada gambar 2. bidang yang diberi shade.



**Gambar 1.** Gambar skematik pengukuran

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Perhitungan Manual**

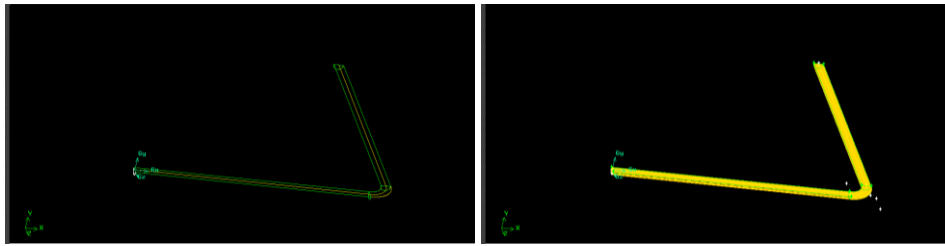
Dengan perhitungan manual dengan bantuan software Ms. Excel didapat hasil kerugian tekanan pipa untuk masing-masing debit yang berbeda-beda. Hasil selengkapnya seperti pada tabel 3 di bawah ini:

**Tabel 1.** Hasil perhitungan manual kerugian tekanan pipa elbow 2D

Debit (l/mnt)	Hasil Perhitungan (Pascal)
20	303,9649337
25	461,3719143
30	649,4862419
35	867,8382237

**Perhitungan Simulasi *Computational Fluid Dynamics***

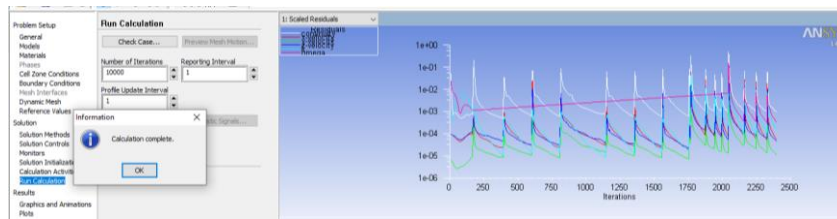
Untuk mempermudah perhitungan, gambar 3D pipa elbow 2D yang dilakukan dengan menggunakan Ansys Gambit di belah menjadi 2 bagian (atas-bawah) seperti dalam gambar 2 dibawah. Dalam simulasi ini penulis membuat 2 variasi meshing yaitu 1-spasing dan 2-spasing.



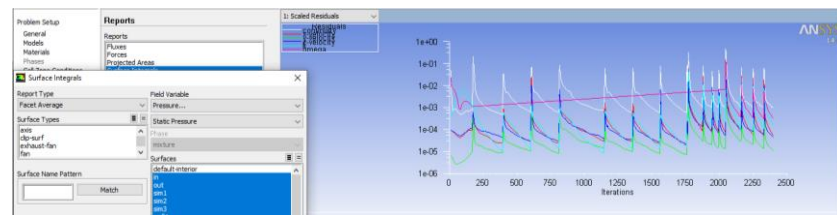
**Gambar 2.** Gambar simetri pipa lurus-elbow 2D-lurus

Setelah menentukan specify boundary, gambar 2 tersebut di ekspor menjadi file \*.msh untuk

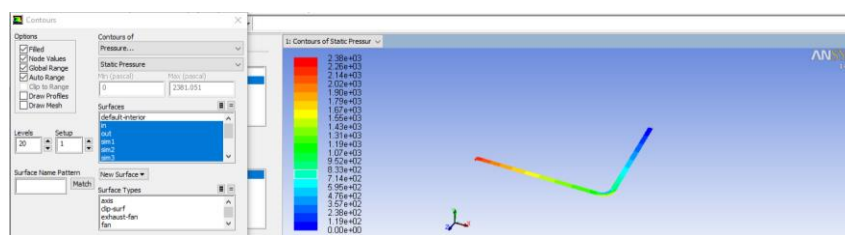
dilakukan perhitungan menggunakan *Computational Fluid Dynamics*.



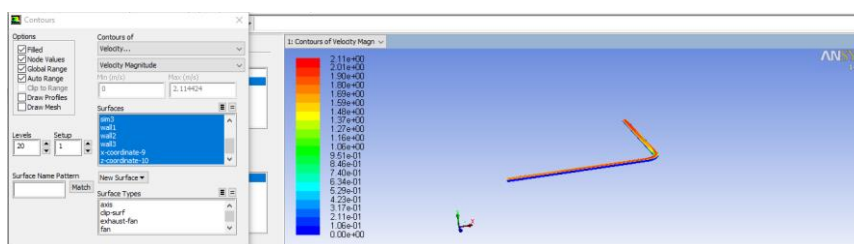
**Gambar 3.** Gambar Proses *Calculated Converged*



**Gambar 4.** Gambar Report Perhitungan Tekanan



**Gambar 5.** Gambar Simulasi sebaran Tekanan



**Gambar 6.** Gambar Simulasi sebaran Kecepatan

Dari hasil *calculated converged* dan hasil report *facet average* untuk meshing 1 spacing yang di variasikan dengan mode aliran epsilon, omega dan

Reynold stress terlihat bahwa mode omega secara umum memiliki nilai  $\Delta P$  yang paling kecil untuk setiap varian aliran kecepatan.

**Tabel 2.** Hasil perhitungan dengan mesh 1-spacing dengan variasi kecepatan dan mode aliran

Debit (l/mnt)	mesh 1 spacing								
	mode epsilon			mode omega			Reynold Stress		
	P2	P3	$\Delta P = P2-P3$ (Pascal)	P2	P3	$\Delta P = P2-P3$ (Pascal)	P2	P3	$\Delta P = P2-P3$ (Pascal)
20	543,15198	252,0017	291,15027	543,03771	244,98544	298,05227	472,4559	215,6996	256,75630
25	753,48938	339,5905	413,89890	770,24561	340,44388	429,80173	698,91846	318,58746	380,33100
30	1012,0162	456,422	555,59420	1059,1204	471,17163	587,94877	985,35553	455,1937	530,16183
35	1302,8325	585,151	717,68150	1391,073	619,99707	771,07593	1301,3195	602,53778	698,78172

Sedangkan hasil *calculated converged* dan hasil report *facet average* untuk meshing 2 spacing yang divariasikan dengan mode aliran epsilon, omega

dan Reynold stress terlihat bahwa mode omega secara umum memiliki nilai  $\Delta P$  yang paling kecil juga untuk setiap varian aliran kecepatan.

**Tabel 3.** Hasil perhitungan dengan mesh 2-spacing dengan variasi kecepatan dan mode aliran

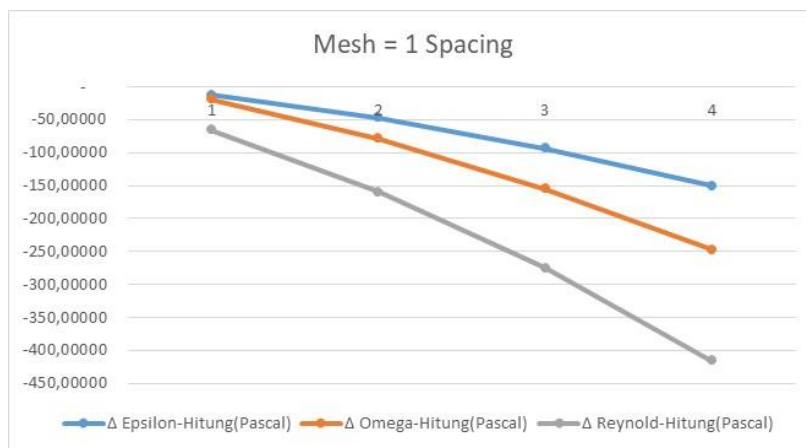
Debit (l/mnt)	mesh 2 spacing								
	mode epsilon			mode omega			Reynold Stress		
	P2	P3	$\Delta P = P2-P3$ (Pascal)	P2	P3	$\Delta P = P2-P3$ (Pascal)	P2	P3	$\Delta P = P2-P3$ (Pascal)
20	582,94391	318,94629	263,99762	521,70978	224,93642	296,77336	451,21466	192,63458	258,58008
25	766,9447	373,1604	393,78430	765,86279	337,78046	428,08233	683,49689	297,45996	386,03693
30	1000,53	457,69678	542,83322	1050,2434	462,90961	587,33379	944,73657	413,69278	531,04379
35	1303,2623	588,03674	715,22556	1386,5275	616,22614	770,30136	1.222,26200	537,31244	684,94956

**Tabel 4.** Hasil perbandingan perhitungan manual dan simulasi

ELBOW 2D											
$\Delta P = P_2 - P_3$ (Pascal)											
Debit (l/mnt)	Hasil Perhitungan (Pascal)	Hasil Simulasi									
		mesh 1 spacing					mesh 2 spacing				
		mode epsilon (Pascal)	$\Delta$ mode epsilon (Pascal)	mode reynold stress (Pascal)	$\Delta$ mode reynold stress (Pascal)	mode epsilon (Pascal)	$\Delta$ (Pascal)	mode omega (Pascal)	$\Delta$ (Pascal)	mode reynold stress (Pascal)	$\Delta$ (Pascal)
20	303,9649337	291,15027	8,15027	256,75630	- 26,24370	263,99762	- 19,00238	296,77336	13,77336	258,58008	- 24,41992
25	461,3719143	413,89890	- 26,10110	380,33100	- 59,66900	393,78430	- 46,21570	428,08233	- 11,91767	386,03693	- 53,96307
30	649,4862419	555,59420	- 30,40580	530,16183	- 55,83817	542,83322	- 43,16678	587,33379	1,33379	531,04379	- 54,95621
35	867,8382237	717,68150	- 44,31850	698,78172	- 63,21828	715,22556	- 46,77444	770,30136	8,30136	684,94956	- 77,05044

**Tabel 5.** Hasil perhitungan dengan mesh 1-spacing dengan variasi kecepatan dan mode aliran

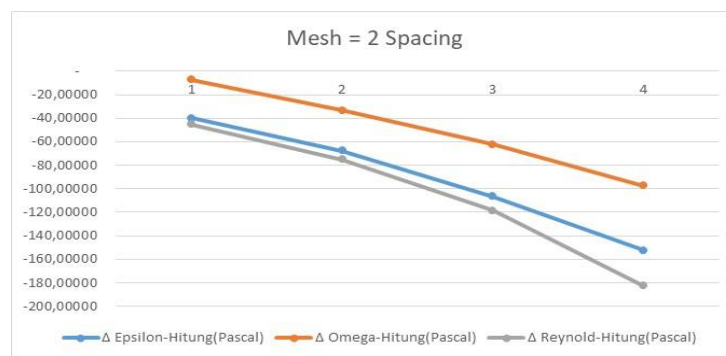
1 Mesh		
$\Delta$ Epsilon-Hitung(Pascal)	$\Delta$ Omega-Hitung(Pascal)	$\Delta$ Reynold-Hitung(Pascal)
- 12,81466	- 5,91266	- 47,20863
- 47,47301	- 31,57018	- 81,04091
- 93,89204	- 61,53747	- 119,32441
- 150,15672	- 96,76229	- 169,05650



**Gambar 7.** Grafik sebaran  $\Delta$ P untuk mesh 1 spacing

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan dengan mesh 2-spacing dengan variasi kecepatan dan mode aliran

2 Mesh		
$\Delta$ Epsilon-Hitung(Pascal)	$\Delta$ Omega-Hitung(Pascal)	$\Delta$ Reynold-Hitung(Pascal)
- 39,96731	- 7,19157	- 45,38485
- 67,58761	- 33,28958	- 75,33498
- 106,65302	- 62,15245	- 118,44245
- 152,61266	- 97,53686	- 182,88866



**Gambar 8.** Grafik sebaran  $\Delta$ P

## V. KESIMPULAN

Terdapat hasil analisis yang menarik dari simulasi nilai kerugian aliran air pada pipa elbow 2D yaitu:

1. Nilai simulasi yang paling mendekati hasil perhitungan adalah dengan menggunakan model aliran turbulen Omega.
2. Dari simulasi terlihat penentuan ukuran mesh semakin kecil semakin mendekati nilai hasil perhitungan
3. Dari hasil simulasi dan perhitungan terlihat bahwa mesh 1 spasing lebih membuat garis perhitungan epsilon dan omega lebih rapat sedangkan mesh 2 spasing menghasilkan garis nilai *epsilon* dekat dengan *Reynold* stress.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bassam Gamal Nasser Muthanna, et al, (2019), *Inspection of internal erosion-corrosion of elbow pipe in the desalination station*, Engineering Failure Analysis 102 (2019) 293–302.
- Cahyono, N. Eko Suharno, Kun Widodo, Sri. *Analisis Aliran Fluida Dalam Pipa Terhadap Kontraksi dan Pembesaran Diameter Pipa*. Skripsi Universitas Tidar tidak diterbitkan.
- Cengel Y.A, Cimbala J.M., (2006), *Fluid Mechanics, Fundamentals and Applications*, McGraw-Hill International Edition.
- Sedrez, Thiana A., et al, (2019), *Experiments and CFD simulations of erosion of a 90° elbow in liquid-dominated liquid-solid and dispersed-bubble-solid flows*, Wear 426–427 (2019) 570–580.
- Silalahi Saut Kasdiardi. (2017). *Analisa Head Losses Akibat Perubahan Diameter Penampang Variasi Material Pipa dan Debit Aliran FLuida Pada Sambungan Elbow 90°*. Jurnal Simki-Techsain Vol. 01 No. 02 Tahun 2017.
- T. Liu, et al, (2011), *Inverse Estimation Of The Inner Wall Temperature Fluctuations In A Pipe Elbow*, Applied Thermal Engineering, Vol 3-1 (2011): 1976-1982.
- Yani, Ahmad; Ratnawati dan Darmanto,A. (2021). *Analisa Kerugian Head Akibat Perluasan dan Penyempitan Penampang pada Sambungan 90°*. Jurnal Teknik JAGO STTI Bontang, Vol. 1 No. 1 Juni 2021.
- Zaenudin; Sayoga, I Made; Nuarsa, I Made. (2012). *Analisa Pengaruh Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa*. Jurnal Dinamika Teknik Mesin Vol. 2 Nomor 2 Juli 2012.