



## Analisis Pengaruh Laju Aliran Massa Dan Radius Fillet Terhadap Perubahan Tekanan Pada Venturi Meter Menggunakan Simulasi CFD

Satria Wahyu Wibowo Putra<sup>1</sup>, Oleh<sup>2</sup>, Aa Santosa<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Universitas Singaperbangsa Karawang

### Abstract

Received: 13 Agustus 2022

Revised: 16 Agustus 2022

Accepted: 18 Agustus 2022

*The purpose of this research is to protect copyright and the government's Venturi meter is a tool for measuring the mass flow rate or volume flow in a closed channel. The geometry and dimensions of the Venturi meter consist of various shapes, especially on the neck which is used as a barrier. The shape of the Venturi meter that is widely used varies, but basically has the same way of working, namely by measuring the pressure difference at two specified points. Dimensional changes between the slope and the neck of the venture can cause differences in pressure values. The two points set are the highest points for the pressure difference that occurs on the measuring instrument. Calculations only involve the equations of Energy, pressure and flow continuity. From the analysis of the change in the average pressure accurately occurred at a tap distance of  $L = 125$  mm and an average pressure at 674.6 Pa for flow rates of 0.2 and 0.5 kg/s with fillet sizes between 45 – 50 mm.*

**Keywords:** Flow Rate, Venturi meter, Flow energy.

(\*) Corresponding Author: [Satria@gmail.com](mailto:Satria@gmail.com)

**How to Cite:** Putra, S. W., Oleh, O., & Santosa, A. (2022). Analisis Pengaruh Laju Aliran Massa Dan Radius Fillet Terhadap Perubahan Tekanan Pada Venturi Meter Menggunakan Simulasi CFD. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(17), 439-448. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7080453>.

## PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi dan perkembangan ilmu pengetahuan, kemampuan untuk menganalisis akan kebutuhan instrumentasi atau peralatan dan perlengkapan yang bervariasi dan menjamur dikalangan industri akan lebih canggih, optimal serta aktual. Dalam bidang industri banyak alat-alat yang digunakan untuk menunjang proses produksi, khususnya dalam pemanfaatan zat yang dapat mengalir atau fluida. Contoh paling nyata dalam kehidupan sehari-hari adalah pada stasiun pengisian bahan bakar minyak maupun gas (SPBU dan SPBG).

Diantara sekian banyak metode pengukuran laju aliran fluida, khususnya pemakaian pada saluran tertutup, jenis alat ukur yang menggunakan metode rintangan (obstruction method) adalah jenis yang paling sering digunakan. Metode ini bekerja berdasarkan beda tekanan yang terjadi pada penampang alir. Ada tiga jenis alat ukur ini, yaitu pelat orifis, nosel aliran, dan venturi meter. Diantara ketiga alat ukur metode rintangan tersebut, venturi meter lah yang paling banyak digunakan dalam mengukur laju aliran fluida (Saputri, 2009).

Venturi meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran fluida yang mengalir melalui pipa. Hal ini didasarkan pada prinsip persamaan Bernoulli. Prinsip Bernoulli yang menyelidiki perilaku dari suatu aliran fluida ideal yang melintas pada suatu pipa menyatakan bahwa ketika aliran fluida dengan cepat melalui bagian yang sempit maka tekanan pada fluida tersebut akan menurun.

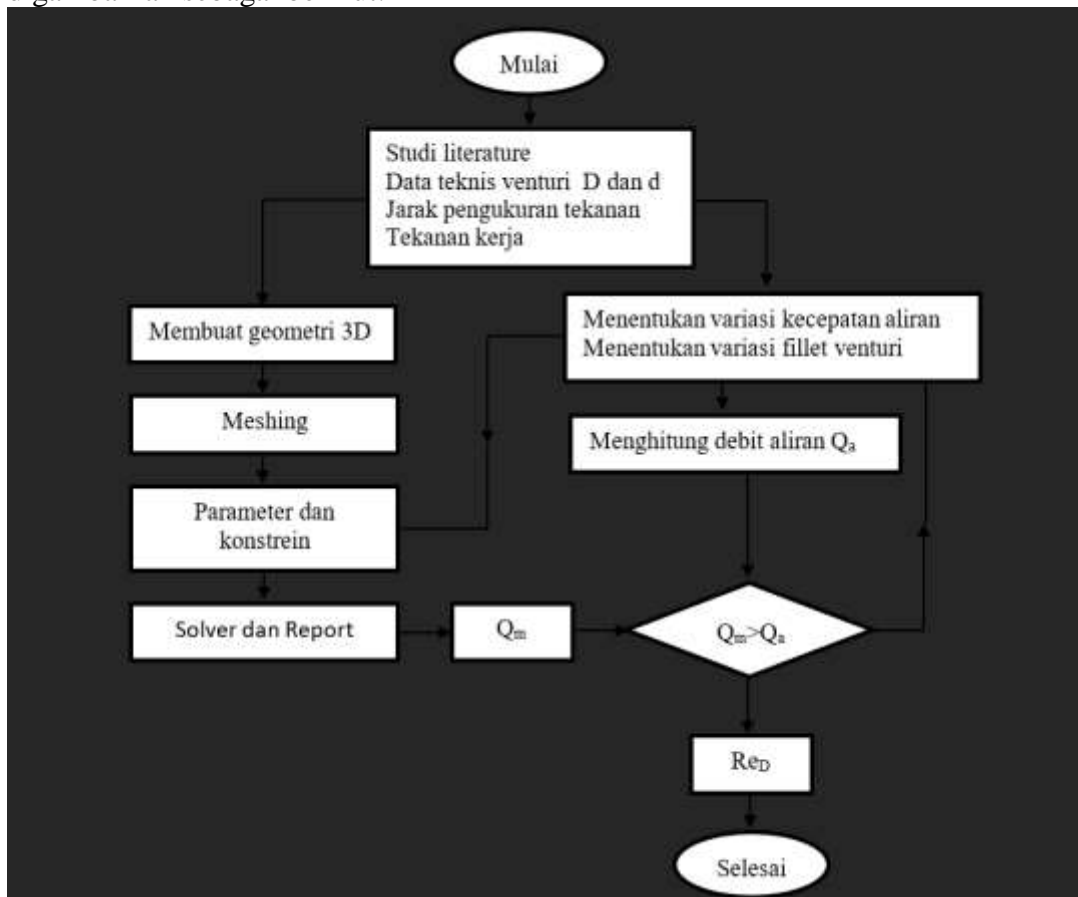


Sekarang ini diperlukan untuk melakukan tes kalibrasi meter aliran untuk mengetahui keakuratan instrumen. Ini dapat dilakukan dengan menghitung koefisien debit venturi. Meskipun prosedur eksperimental menawarkan hasil yang baik, mereka sering memakan waktu yang lebih lama. Oleh karena itu metode yang lebih canggih untuk menguji flow meter adalah melalui metode numerik yang memungkinkan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dengan waktu yg lebih cepat dibandingkan dengan prosedur eksperimental.

Maka dari itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisis Pengaruh Laju Aliran Massa dan Radius Fillet Terhadap Perubahan Tekanan pada Venturi Meter Menggunakan Simulasi CFD”. Data eksperimen dipilih terdiri dari dua variabel bebas yaitu Radius Fillet dan Laju Aliran Massa Air.

## METODE

Dalam diagram alir analisis pengaruh laju aliran massa dan radius fillet terhadap perubahan tekanan pada venturi meter menggunakan simulasi cfd digambarkan sebagai berikut:

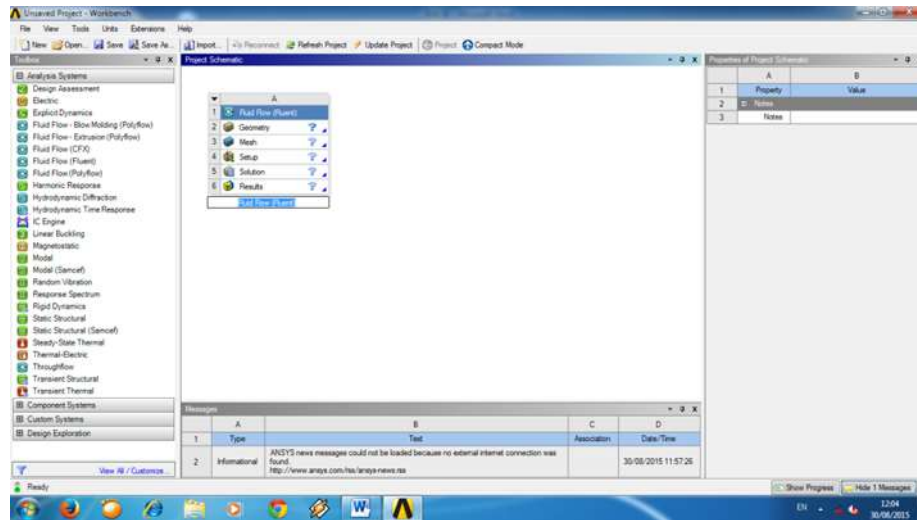


Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

## Rancangan Konseptual Mesin Pengering

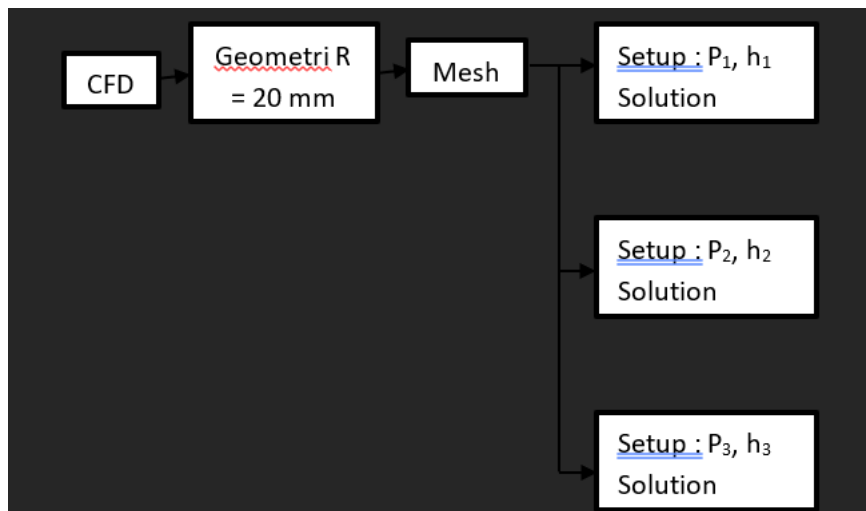
Untuk memulai menggunakan CFD, pastikan bahwa aplikasi Ansys 15.0 sudah terpasang dan tampil pada desktop monitor laptop dengan nama shortcut

Workbench 15.0. Dengan meng”klik” ganda maka akan muncul interface dari layar monitor. Pada Toolbox Analisis system pilih Fluid Flow (Fluent) maka muncul tampilan berikut :



Gambar 2 Tampilan utama Workbench dari Ansys 15.0

Struktur skematik penyelesaian menggunakan Ansys 15.0 untuk satu buah model dengan fillet = 20 mm dapat dilihat dalam gambar berikut :



Gambar 3 Skematik struktur pemodelan

Selanjutnya dengan cara yang sama membuat geometri fillet lainnya dengan ukuran yang telah ditentukan yaitu 20, 30, 40, 50 dan 60 mm.

### Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan terdiri dari ukuran radius fillet dan laju aliran massa air. Dan parameter tetap adalah diameter pipa dan leher venturi meter. Untuk tekanan aliran masuk ditetapkan sebesar 2 bar. Lebih jelasnya dapat dilihat pada table 1 berikut ::

No	Uraian	Level				
		1	2	3	4	5
1	Radius Fillet (mm)	20	30	40	50	60
2	Laju aliran (kg/s)	0.2	0.5	x	x	x
3	Tekanan (bar)	2	x	x	x	x
4	Diameter masuk (mm)	50	x	x	x	x
5	Diameter leher (mm)	20	x	x	x	x

Tabel 1 Variabel Dan Parameter Uji

Berdasarkan pada variabel dan parameter eksperimen maka lingkup penelitian adalah :

No	R (mm)	ma (kg/s)	$\Delta P$ (Pa)	$\Delta V$ (m/s)
1	20	0.2	√	√
2	30	0.2	√	√
3	40	0.2	√	√
4	50	0.2	√	√
5	60	0.2	√	√
6	20	0.5	√	√
7	30	0.5	√	√
8	40	0.5	√	√
9	50	0.5	√	√
10	60	0.5	√	√

Tabel 2 Lingkup penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan Air

$Red$  = Bilangan Reynolds

$\rho_a$  = Rapat massa air,  $\text{kg/m}^3$

$\rho_a = 981 \text{ kg/m}^3$

$V$  = Kecepatan rata-rata aliran, m/s

$V = V_1 = 0.103990641 \text{ m/s}$

$D_h$  = Diameter Hidrolik, m

$D_h = D = 0.05 \text{ m}$

$\mu_a$  = Viskositas air,  $\text{kg/m.s}$

$\mu_a = 0.001003 \text{ kg/m.s}$

Sehingga bilangan Reynolds untuk aliran massa air 0.2 kg/s dalam pipa adalah :

$$Red = \frac{981 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 0.103990641 \text{ m/s } 0.05 \text{ m}}{0.001003 \text{ kg/m.s}}$$

$$Red = 31751.87812$$

sedangkan bilangan Reynolds untuk aliran massa air 0.5 kg/s dalam pipa adalah :

$$Red = \frac{981 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 1.624854 \text{ m/s } 0.02 \text{ m}}{0.001003 \text{ kg/m.s}}$$

$$Red = 79739.7$$

Bilangan Reynolds kedua aliran massa termasuk kedalam aliran turbulen mengembang karena sudah melebihi batas  $Red > 2300$

### Kerugian Energi Aliran

Kerugian aliran yang melintas dalam saluran pipa untuk aliran inkompresibel dapat menggunakan persamaan energi sebagai berikut :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_m + h_n$$

Dengan :

$$\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} = \text{Energi karena perbedaan tekanan, m}$$

$$\gamma = \rho_a g = \text{berat jenis spesifik air, kg/m}^2 \cdot \text{s}^2$$

$$\frac{V_1}{2g} - \frac{V_2}{2g} = \text{Energi kinetik, m}$$

$$Z_1 - Z_2 = \text{Energi potensial, m}$$

$$h_m = \text{Kerugian gesekan, m}$$

$$h_n = \text{Kerugian hambatan/kontraksi, m}$$

### Kerugian Mayor $h_m$

Kerugian gesekan saluran akan menimbulkan kerugian tekanan yang terjadi terhadap aliran. Untuk kerugian gesekan atau kerugian mayor

tergantung dari bilangan Reynolds dan jenis aliran yang terjadi. Pada aliran turbulen berkembang penuh persamaan yang dapat digunakan adalah :

$$h_m = f \frac{L}{\bar{D}} \frac{V^2}{2g}$$

dimana :

L = jarak tap atau panjang lintasan venturi, m

$$L = 0.125$$

$\bar{D}$  = diameter rata-rata sisi masuk dan sisi keluar, m

$$\bar{D} = (D + d)/2$$

$$\bar{D} = (0.05 + 0.02) \text{ m} / 2$$

$$\bar{D} = 0.035 \text{ m}$$

V = Kecepatan rata-rata, m/s

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Untuk laju aliran massa air 0.2 kg/s kecepatan rata-rata aliran air adalah

:

$$V = \frac{0.103990641 \text{ m/s} + 0.649941505 \text{ m/s}}{2}$$

$$V = 0.376966073 \text{ m/s}$$

f = gesekan aliran terhadap bahan pipa PVC

Harga f diperoleh dari bilangan Reynolds Red dan rasio kekasaran permukaan pipa  $\epsilon/D$ . Untuk Rasio kekasaran permukaan dihitung dengan  $\epsilon/D = 0$  (permukaan halus) dan bilangan Reynolds Red = 31751.87812 (turbulen penuh) maka diperoleh nilai  $f = 0.024$

Sehingga kerugian mayor adalah :

$$h_m = 0.024 \frac{0.125 \text{ m}}{0.035 \text{ m}} \frac{(0.376966073 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_m = 0.0005546313 \text{ m}$$

Sedangkan untuk laju aliran massa air 0.5 kg/s kecepatan rata-rata aliran air adalah :

$$V = \frac{0.259977 \text{ m/s} + 1.624854 \text{ m/s}}{2}$$

$$V = 0.94242 \text{ m/s}$$

f = gesekan aliran terhadap bahan pipa PVC

Harga f diperoleh dari bilangan Reynolds Red dan rasio kekasaran permukaan pipa  $\epsilon/D$ . Untuk Rasio kekasaran permukaan dihitung dengan  $\epsilon/D = 0$  (permukaan halus) dan bilangan Reynolds Red = 79739.7 (turbulen penuh) maka diperoleh nilai  $f = 0.018$

Sehingga kerugian mayor adalah :

$$h_m = 0.018 \frac{0.125 \text{ m}}{0.035 \text{ m}} \frac{(0.94242 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_m = 0.003414 \text{ m}$$

### **Kerugian Minor $h_n$**

Kerugian hambatan atau kerugian minor terjadi karena adanya perubahan dimensi saluran berupa, sambungan, penyempitan atau dapat berupa belokan.

Hal ini akan menimbulkan kerugian tekanan yang terjadi terhadap tekanan statik dari aliran. Untuk kerugian minor sangat dipengaruhi oleh nilai K dan aliran yang berlaku. Pada aliran turbulen berkembang penuh persamaan dapat digunakan adalah :

$$h_n = K \frac{V^2}{2g}$$

dimana :

K = 0.0018 (penyempitan aliran)

Sehingga :

$$h_n = 0.0018 \frac{(0.376966073 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_n = 0.00001304 \text{ m}$$

Maka kerugian karena gesekan (mayor) dan penyempitan aliran (minor) atau *headlosses* adalah :

$$h_l = h_m + h_n$$

$$h_l = 0.0005546313 \text{ m} + 0.00001304 \text{ m}$$

$$h_l = 0.00055935 \text{ m}$$

Kerugian hambatan atau kerugian minor pada laju aliran massa air 0.5 kg/s dapat dihitung dengan cara yang sama seperti di atas :

$$h_n = 0.0018 \frac{(0.94242 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_n = 0.00008148 \text{ m}$$

Maka kerugian karena gesekan (mayor) dan penyempitan aliran (minor) atau *headlosses* pada laju aliran massa 0.5 kg/s adalah :

$$h_l = h_m + h_n$$

$$h_l = 0.003414 \text{ m} + 0.00008148 \text{ m}$$

$$h_l = 0.003496 \text{ m}$$

$$\dot{m}_g = 0,684 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.48 \text{ m}^2$$

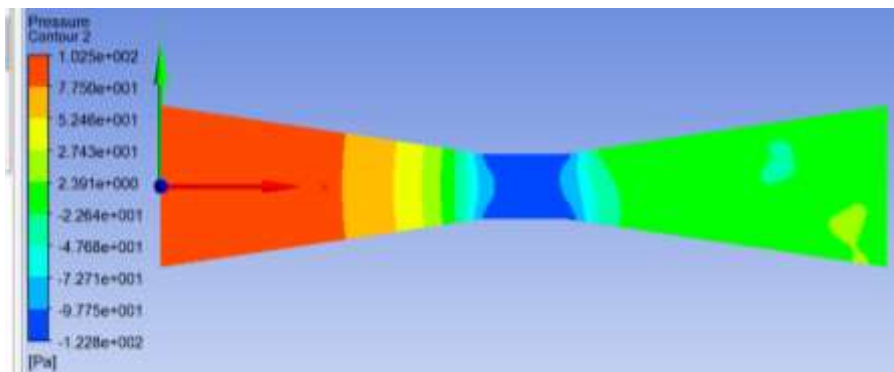
$$\dot{m}_g = 0,657 \text{ kg/s}$$

### **Pengaruh Fillet terhadap Tekanan pada Venturi Meter**

Dari hasil proses simulasi iterasi *software Ansys 15.0* menghasilkan hasil-hasil yang konvergen dalam perhitungan. Untuk dapat mengetahui suatu grafik kontur dan vektor hasil dari Tekanan dan Kecepatan menggunakan *CFD Post*.

#### **Laju aliran massa air 0.2 kg/s**

Data eksperimen untuk tekanan masuk sebesar 2 bar dengan posisi *inlet* (sisi masuk). Dari hasil simulasi untuk fillet 20 mm dan laju aliran massa air 0.2 kg/s disajikan pada gambar 4.1 sebagai berikut :



Gambar 4. Distribusi tekanan pada *venturi meter*

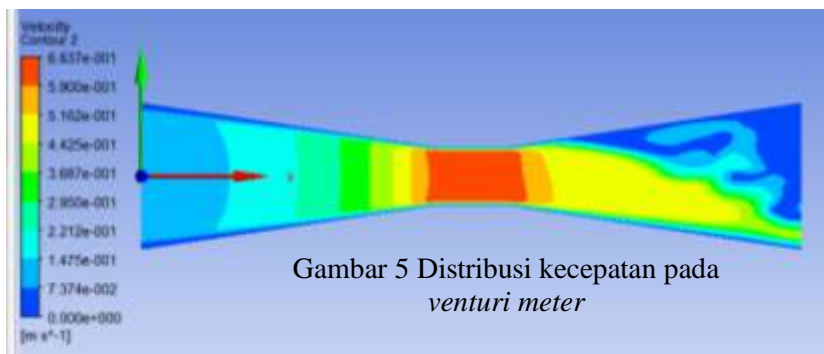
Tekanan masuk pada bagian sisi sebelah kiri hingga ke leher venturi meter terus menurun. Selisih tekanan antara sisi masuk dan bagian tengah leher venturi meter sebesar  $\Delta P = 182852 \text{ Pa} - 182658 \text{ Pa} = 194 \text{ Pa}$  (gauge). Pada gambar 4.2, penurunan tekanan pada bagian fillet terjadi pada posisi  $x = 0 \text{ m}$  sampai dengan  $x = 0,125 \text{ m}$  (tap). selisih tekanan pada bagian ini dari gambar 4.2 diperoleh sebesar  $194 \text{ Pa}$  (gauge). Pada sisi keluar tidak dilakukan pengamatan karena tidak dilakukan perubahan dan tidak mempengaruhi hasil lainnya.

Pada variasi fillet selisih tekanan yang terjadi pada sisi inlet  $x = 0$  sampai pada  $L = 125 \text{ mm}$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta P_n &= P_{inlet} - P_n \\ \Delta P_1 &= 182852 \text{ Pa} - 182658 \text{ Pa} \\ \Delta P_1 &= 194 \text{ Pa} \end{aligned}$$

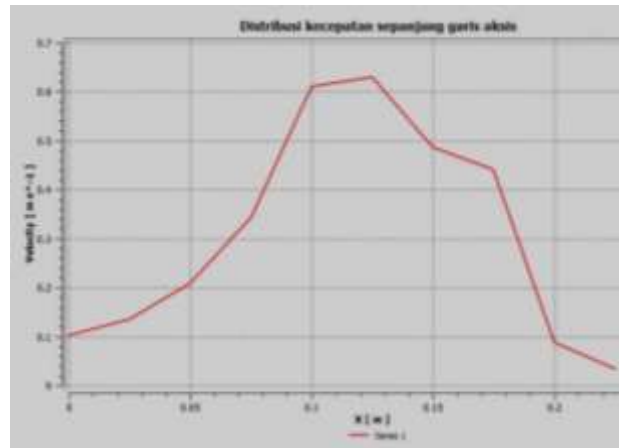
### Kecepatan Laju Aliran pada Massa Air 0.2 kg/s

Perubahan kecepatan yang terjadi pada pengujian pertama untuk  $m_a = 0,2 \text{ kg/s}$  menghasilkan distribusi tekanan yang semakin meningkat sepanjang sumbu garis venturi meter. Pada daerah yang mendekati cekikan penampang yang mengalami perubahan fillet mulai menunjukkan perubahan kecepatan yang sangat ketat. Beda kecepatan antara sisi masuk dan leher pada bagian fillet diperoleh sebesar  $\Delta V = 0.62 \text{ m/s} - 0.1 \text{ m/s} = 0.52 \text{ m/s}$



Gambar 5 Distribusi kecepatan pada *venturi meter*

Dari gambar 5 untuk laju aliran massa air 0.2 kg dengan fillet 20 mm, kecepatan aliran masuk pada  $L = 0$  m meningkat sepanjang garis sumbu aksis hingga 0.62 m/s pada  $x = 125$  mm.



Gambar 6 Distribusi kecepatan pada venturi meter dengan laju aliran massa air 0.2 kg pada *Fillet* 20

Secara keseluruhan distribusi kecepatan pada fillet  $R = 20, 30, 40, 50$  dan  $60$  mm dengan laju mass air 0,2 kg/s dapat dilihat dalam tabel berikut :

L/V	R = 20	R = 30	R = 40	R = 50	R = 60
0	0.256061	0.256061	0.256061	0.256061	0.256061
0.025	0.3376	0.337629	0.337581	0.337533	0.337609
0.05	0.516358	0.516513	0.516043	0.516542	0.516284
0.075	0.853103	0.853223	0.853212	0.853557	0.853146
0.1	1.51154	1.49926	1.51049	1.5003	1.50039
0.125	1.53964	1.53486	1.53913	1.53492	1.528
0.15	1.02277	1.02064	1.01782	1.00999	1.00522
0.175	0.972765	0.944984	0.890957	0.938612	0.930495
0.2	0.765777	0.313118	0.339335	0.742033	0.682027
0.225	0.157217	0.25995	0.610327	0.267382	0.099708

Tabel 6 Variasi kecepatan aliran air pada  $m = 0.2$  kg/s

Dari table tersebut diperoleh harga kecepatan yang mendekati teoritis  $V_2 = 0.649941505$  m/s pada jarak  $L = 125$  mm sebesar  $V_2 = 0.6283$  m/s

### Kecepatan Laju Aliran pada Aliran Massa Air 0.5 kg/s

Perubahan kecepatan yang terjadi pada pengujian kedua untuk  $m_a = 0,5$  kg/s menghasilkan distribusi tekanan yang semakin meningkat sepanjang sumbu garis venturi meter seperti halnya dalam pengujian pertama.

Kecepatan untuk semua harga fillet dan kecepatan pada sisi masuk *inlet* mempunyai nilai hampir seragam. Kecepatan maksimum terjadi pada

leher venturi meter sebesar  $V_2 = 1.6$  m/s dan nilai ini mendekati nilai teoritis sebesar  $V_2 = 1.53$  m/s. Hasil perhitungan variasi *fillet* untuk kecepatan dapat dilihat pada table 4.7 berikut.

### **KESIMPULAN**

Hasil analisis pengaruh variasi fillet pada proses iterasi sebuah software Ansys 15.0 dan perhitungan venturi meter dengan tekanan 2 bar pada laju aliran massa 0.2 kg dan 0.5 kg memberikan nilai yang baik pada ukuran fillet antara 45 – 50 mm. Tekanan rata-rata yang bekerja diantara kedua fillet tersebut memberikan pengaruh yang akurat pada perbedaan tekanan sebesar 674,6 Pa. Selisih tekanan yang memberikan dampak pada perbedaan tekanan yang akurat ini akan berpengaruh terhadap hasil pengukuran pada venturi meter.

Pengaruh fillet terhadap kecepatan pada titik  $L = 125$  mm tidak terlalu banyak berpengaruh. Kecepatan pada daerah tersebut hampir seragam dari setiap variasi fillet. Dan laju aliran massa yang mengalir juga hampir seragam untuk semua variasi fillet. Baik secara teoritis dan simulasi memberikan informasi yang serupa terhadap tekanan dan kecepatan.

### **SARAN**

Sebaiknya untuk venturi meter dengan nilai fillet yang sesuai dengan  $D$  dan  $d$  adalah variasi fillet venturi meter dengan fillet antara 45 dan 50 mm. Perubahan dilakukan dengan laju aliran massa sebesar 0.2 dan 0.5 kg/s pada tekanan 2 bar. Sementara itu untuk diameter sisi masuk sebesar 50 mm dan 20 mm untuk bagian leher dari venturi meter.

Dengan catatan bahwa kekasaran permukaan di dalam pipa harus memiliki nilai nol atau permukaan yang halus. Untuk permukaan yang kasar akan menambah besar tekanan yang terjadi pada venturi meter tersebut.

### **REFERENSI**

- Galas, Ranalds. G, *Mekanika Fluida dan Hidraulika*, Edisi kedua, Erlangga, Jakarta, 1984
- Merle C. and David C. Wiggert, with Midhat Hondzo and Tom I. 2002. *Mechanics of fluids*. USA
- Perkins dan Reynolds, Harahap, Filino. 1991. *Termodinamika Teknik* Edisi kedua Erlangga. Jakarta,
- White, Frank, M, 1994. *Fluid Mechanics*, Mc Graw Hill, USA.