

LEMBAR PENGESAHAN
STUDY ORIFICE PLATE TIPE CONCENTRIC DAN
SLOTTED UNTUK PENGUKURAN ALIRAN GAS

TUGAS AKHIR

Oleh:

Distra Hans Manda

NRP : 2410 100 072

Surabaya, Juni 2014

Pembimbing I



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

NIP : 19650309 19902 1 001

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

NIP : 19650309 19902 1 001

***STUDY ORIFICE PLATE TIPE CONCENTRIC DAN
SLOTTED UNTUK PENGUKURAN ALIRAN GAS***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada**

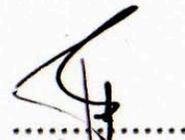
**Bidang Studi Rekayasa Energi dan Pengkondisian Lingkungan
Program Studi S - 1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**DISTRA HANS MANDA
NRP 2410 100 072**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Totok Soehartanto



Pembimbing I

2. Ir. Yaumar M.T



Penguji I

3. Ir Tutug Dhnardhono M.T



Penguji II

**SURABAYA
Agustus, 2014**

Study Orifice Plate Tipe Concentric dan Slotted Untuk Pengukuran Aliran Gas

Nama Mahasiswa : Distra Hans Manda
NRP : 2410100072
Jurusan : Teknik Fisika FTI – ITS
Dosen Pembimbing : Dr.Ir.Totok Soehartanto, DEA

Abstrak

Orifice merupakan suatu alat yang sangat penting dalam dunia industry terutama pada industri *oil n gas*, dimana penggunaan orifice ini digunakan untuk menciptakan perbedaan tekanan antara sisi *upstream* dan *downstream* yang nantinya akan dihasilkan nilai dari *pressure* suatu fluida yang masuk. *Orifice Concentric* yang dipakai di PT.Vico Indonesia memiliki kelemahan yaitu rugi tekanan yang sangat besar yang akan berakibat pada peningkatan *pressure loss*. *Pressure loss* adalah selisih tekanan yang masuk pada sisi *upstream* dengan tekanan setelah melewati sisi *downstream* pada *orifice* tersebut dan biasanya ditunjukkan melalui perbedaan tekanan yang terjadi antara *upstream* dan *downstream*. *Slotted orifice* merupakan suatu alat yang di berbagai penelitian menunjukkan memiliki performma yang lebih dibandingkan dengan *standart orifice* karena desaign pada *plat orifice* kurang dipengaruhi oleh sisi *upstream* pada *orifice* tersebut dan menghasilkan *pressure loss* yang relative kecil, *pressure static* bisa kembali dengan lebih cepat ketika dibandingkan dengan *orifice standart*. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk menganalisa *koefisien pressure loss* yang terjadi antara orifice bertipe *slotted* dan *concentric* dengan menggunakan *software* CFD. Dari pengamatan diperoleh nilai *koefisien pressure loss* untuk orifice *concentric* Fe-37 nilai *koefisien pressure loss* sebesar 3,54, *slotted orifice* dengan variasi 5 lubang tipe FE-37 nilai *koefisien pressure loss* sebesar 3,48, dan *slotted orifice* dengan variasi 16 lubang tipe FE-37 sebesar 3,37. Orifice *concentric* tipe FE-1602 nilai *koefisien pressure loss* sebesar 2,58 *slotted orifice* dengan variasi 5 lubang tipe FE-1602 nilai *koefisien pressure loss* sebesar 2,54 dan *slotted orifice* dengan variasi 16 lubang tipe FE-1602 sebesar 2,43.

Kata kunci: Orifice *Concentric* dan *Slotted*, Koefisien *Pressure Loss*, CFD

Halaman ini memang dikosongkan.

STUDY OF ORIFICE PLATE TYPE CONCENTRIC AND SLOTTED FOR GAS FLOW MEASUREMENT

Name : *Distra Hans Manda*
NRP : *2410100072*
Department : *Engineering Physics, FTI – ITS*
Supervisor : *Dr.Ir.Totok Soehartanto, DEA*

Abstract

Orifice is a very important tool in the industry, especially in the oil and gas industry, where the use of this orifice is used to create a whole difference in pressure between the upstream and downstream value that will be generated from the pressure of a fluid intake. Concentric orifice used in PT.Vico Indonesia has the disadvantage, that it has very large pressure losses that would result in an increase in pressure loss. Pressure loss is the difference of incoming pressure on the upstream side to the downstream side of the pressure after passing through the orifice is usually shown through the difference in the pressure between the upstream and downstream. . Slotted orifice is a tool in a variety of studies have shown that it have a performance that is better than the standard orifice because design of orifice plate are influenced by the upstream side of the orifice and produces relatively small pressure loss, static pressure could return more quickly than standard orifice. Design to be used on slotted orifice area must have the same diameter with concentric orifice in order to diperbandingkan, where dalam this thesis is used as much as 5 slotted holes and 16 pieces in platnyaTherefore, this study was conducted to analyze the pressure loss coefficient that occurs between concentric and slotted orifice type using CFD software. From the observation of pressure loss coefficient values obtained for concentric orifice FE-37 pressure loss coefficient value of 3.54, with a variation of 5 slotted orifice hole FE-37 type of pressure loss coefficient value of 3.48, and slotted orifice with a variation of 16 holes of type FE-37 at 3.37. Orifice concentric FE-1602 type of pressure loss coefficient of variation of 2.58 slotted orifice with 5 holes FE-1602 type of pressure loss coefficient value of 2.54 and slotted orifice with a variation of 16 holes of type FE-1602 amounted to 2.43.

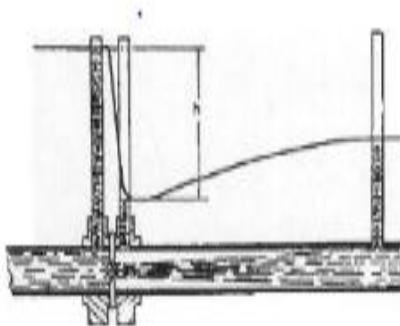
Key Words: *Orifice Concentric dan Slotted, Coefficient Pressure Loss, CFD*

Halaman ini memang dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini akan dibahas tentang dasar teori yang digunakan dalam penelitian tugas akhir yang berjudul “*Study Orifice Plate Tipe Concentric dan Slotted Untuk Pengukuran Aliran Gas*”. Beberapa teori penunjang yang penting dalam menunjang materi untuk tugas akhir diatas antara lain perbedaan antara *slotted* dan *concentric* orifice, sifat fisik fluida, *pressure loss* yang terjadi dalam orifice, Persamaan Bernouli, dan *Computational Fluid Dynamic*.

2.1 Orifice Meter



Gambar 2.1 Orifice Meter^[6]

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa maksimum kecepatan fluida yang masuk pada orifice dan minimum *static pressure* tidak terjadi pada *bore* yang terdapat pada orifice tersebut, tetapi terjadi pada sisi *downstream* orifice tersebut. Setelah fluida melewati orifice tersebut, fluida yang keluar dari orifice akan mengalami penurunan *pressure* sampai fluida tersebut kembali memiliki *pressure* yang besar. Tempat dimana fluida tersebut memiliki kecepatan yang tinggi dan *pressure* yang rendah dinamakan *vena contracta*. Dan lokasi dari *vena contracta* tergantung dari bentuk geometri dari orifice tersebut^[6].

2.2 Perhitungan ΔP Orifice

Perhitungan perbedaan *pressure inlet* dan *outlet* pada orifice merupakan fungsi dihitung dari faktor resistansi K, dimana K itu merupakan perbandingan antara diameter orifice dengan diameter pipa atau yang sering kita sebut sebagai *beta ratio*^[7]: dimana rumus matematisnya sesuai dengan penjelasan dibawah ini

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho v^2 K \quad (2.1)$$

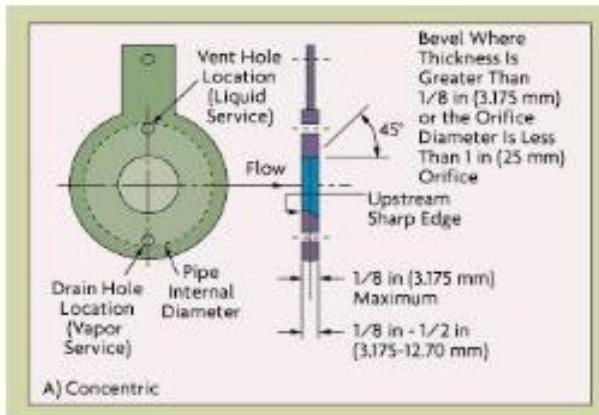
Dimana :

- ΔP = perbedaan tekanan (Pascal)
- V = kecepatan fluida (m/s)
- P = Massa Jenis Fluida (kg/m^3)
- K = Faktor resistansi, dimana nilai K adalah

$$K = \frac{(1 - \beta^2)}{\beta^2}$$

2.3 Orifice Concentric

Letak lubang pada orifice *concentric* berada di tengah-tengah plat diameter orifice. Biasanya alat ini digunakan untuk mengukur volume gas, *liquid*, dan *steam* dalam jumlah yang besar^[8].



Gambar 2.2 Orifice Concentric^[6]

Kelebihan :

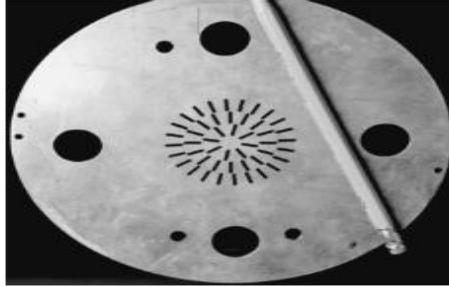
1. Dapat digunakan pada berbagai ukuran pipa (*range* yang lebar)
2. Ketelitian (*accuracy*) baik.
3. Harga *relative* murah.

Kekurangan :

1. Rugi tekanan (*pressure drop*) relatif tinggi.
2. Tidak dapat digunakan untuk mengukur laju aliran “*slurry*”, karena cenderung terjadi penyumbatan.

2.4 Slotted Orifice

Filosofi pengukuran *slotted* orifice sama dengan standar orifice pada umumnya. Dimana *slotted* orifice ini memiliki banyak lubang di *platnya* dengan jarak antara tiap plat sama, dan memiliki perbandingan antara diameter lubang dan diameter pipa yang sama. Dan dalam menerima perbedaan tekanan yang dihasilkan oleh *slotted* orifice ini digunakan *pressure taps* yang sama seperti halnya *standart* orifice yaitu berukuran 1 in. (25mm) pada sisi *upstream* dan *downstream*. *Slotted* orifice merupakan suatu alat yang di berbagai penelitian menunjukkan memiliki performa yang lebih dibandingkan dengan *standart* orifice karena desain pada *plat* orifice kurang dipengaruhi oleh sisi *upstream* pada orifice tersebut dan menghasilkan *pressure loss* yang relative kecil, *pressure static* bisa kembali dengan lebih cepat ketika dibandingkan dengan orifice *standart* dengan nilai *beta ratio* yang sama^[4].



Gambar 2.3 Slotted Orifice ^[6]

Dan rumus untuk menghitung jumlah lubang yang terdapat pada *slotted orifice* adalah

$$\pi x \frac{D0^2}{4} = N x \pi x \frac{Dslotted^2}{4} \quad (2.2)$$

Dimana :

Π = Jari-jari lingkaran (3,14)

D_0 = Diameter orifice *standart* (m)

N = Jumlah lubang *slotted orifice*

2.5 Sifat Fisik Fluida

Dalam menyelesaikan persoalan-persoalan mengenai aliran fluida selalu diperlakukan data-data dari fluida itu sendiri, yaitu sifat-sifat fisiknya. Dan beberapa prinsip yang dapat mempengaruhi kinerja dari orifice itu sendiri antara lain ^[8]:

- **Viskositas (μ)**

Viskositas merupakan suatu besaran hambatan fluida yang dialami saat fluida tersebut dalam keadaan mengalir. Makin besar viskositas suatu fluida maka semakin besar hambatan yang dialami saat fluida tersebut dalam keadaan mengalir. Dan secara matematis dapat di tuliskan sebagai berikut :

$$F/A = \mu \frac{dv}{dy} \quad (2.3)$$

Dimana :

- F = Gaya yang diberikan pada pelat (N)
 A = Luas permukaan pelat (m^2)
 $\frac{dv}{dy}$ = Gradien kecepatan dalam arah Y
 μ = Konstanta kesebandingan (Viskositas) (Pa.s)

Terlihat dari persamaan diatas bahwa semakin besar harga μ maka, semakin besar gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan gradient tertentu. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai μ maka semakin besar hambatan yang terdapat pada fluida saat fluida tersebut dalam keadaan mengalir, fluida yang memiliki hambatan yang besar merupakan fluida viskos, sehingga kesebandingan ini disebut koefisien viskositas atau disebut saja viskositas.

Besaran viskositas suatu fluida di pengaruhi oleh suhu, tekanan, dan besarnya tegangan geser yang dialami. Bila viskositas suatu fluida hanya tergantung pada suhu dan tekanan maka fluida tersebut disebut fluida Newtonian. Bila suhu dinaikan akan mengakibatkan bertambahnya viskositas gas, dan berkurangnya viskositas cairan. Sedangkan ketika tekanan dinaikkan akan mengakibatkan bertambahnya viskositas fluida gas maupun cair. Dan pada umumnya gas lebih peka terhadap perubahan tekanan dibandingkan dengan perubahan suhu.

- **Rapat Massa (*Density*)**

Rapat massa dari suatu fluida merupakan ukuran banyaknya massa dan suhu tertentu yang ditempatkan dalam satu volum.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.4)$$

Dimana :

- ρ = Rapat massa (kg/m^3)
 m = massa (kg)
 v = volum (m^3)

- **Bilangan Reynold**

Penelitian yang dilakukan oleh Osborne Reynold menunjukkan bahwa bentuk aliran fluida dalam pipa yaitu laminar, transitional, dan turbulent. Tidak tergantung pada kecepatan fluida saja, tetapi juga tergantung dengan besaran fisis lain seperti diameter pipa, massa jenis, dan viskositas. Bentuk aliran dari besaran-besaran tersebut akan menghasilkan konstanta bilangan Reynold (Re). Dan secara matematis di definisikan sebagai

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu} \quad (2.5)$$

Dimana :

ρ	= Rapat massa	(kg/m^3)
v	= Kecepatan aliran	(m/s^2)
μ	= Viskositas	(Pa.s)
L	= $\frac{4 \times \text{luas penampang}}{\text{keliling terbasahi}}$	(m)

Untuk keperluan teknik, aliran dimana :

- Reynold *Number* < 2000 dikategorikan sebagai bentuk aliran laminar
- $2000 \leq$ Reynold *Number* ≤ 4000 dikategorikan sebagai bentuk aliran transitional
- Reynold *Number* > 4000 dikategorikan sebagai bentuk aliran turbulen.

2.6 Prinsip Bernauli

Prinsip Bernauli mengatakan bahwa apabila kecepatan suatu aliran fluida tinggi, maka tekanan fluida tersebut menjadi rendah. Sebaliknya apabila kecepatan suatu aliran fluida rendah, maka tekanan fluida tersebut menjadi tinggi. Persamaan ini digunakan untuk menghitung persamaan pipa pada orifice dan untuk melihat hubungan antara *pressure* dan kecepatan aliran fluidanya. Adapun bentuk persamaan Bernauli untuk aliran tak termampatkan adalah^[9]:

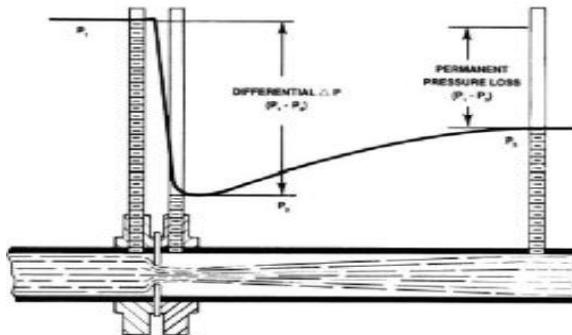
$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 \quad (2.6)$$

Dimana :

P =	Merupakan tekanan fluida	(Pascal)
V =	kecepatan fluida	(m/s)
g =	Gaya Gravitasi	(m/s ²)
h =	Ketinggian Fluida	(m)
p =	Masa Jenis Fluida	(kg/m ³)

2.7 Pressure Loss

Pressure loss yang terjadi pada orifice meter di jelaskan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.4 Pressure Loss Orifice ^[2]

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa , orifice yang melewati sisi *upstream* memiliki tekanan yang tinggi , setelah melewati lubang orifice maka tekanan tersebut akan semakin turun , dan hal itu berbanding terbalik dengan kecepatan fluida yang mengalir melalu orifice dimana semakin tinggi *pressure* maka kecepatan yang dihasilkan akan semakin lambat sesuai dengan hokum atau prinsip Bernouli yang telah dijelaskan diatas. Setelah melewati sisi *downstream* orifice akan berkespansi kembali menuju ke *pressure* semula. Tetapi dalam kenyataanya

selalu terdapat perbedaan *pressure* saat fluida masuk melalui *upstream* dan saat fluida berkespansi setelah melewati sisi *downstream* dan hal inilah yang dinamakan dengan *pressure loss* [2]. Sehingga definisi *pressure loss* adalah selesih tekanan yang masuk pada sisi *upstream* dengan tekanan setelah melewati sisi *downstream* pada orifice tersebut. Dan *pressure loss* dapat didefinisikan dengan hubungan antara persamaan kerugian tekanan dan *head* kecepatan, persamaan matematis sebagai berikut:

$$\Delta P = \xi \frac{v^2 p}{2} \quad (2.7)$$

Dan persamaan diatas dikenal dengan persamaan kerugian tekanan pada orifice. Dan untuk persamaan head kecepatan akan ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$\Delta H = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (2.8)$$

Sehingga persamaan *pressure loss* pada orifice adalah sebagai berikut:

$$\xi = \frac{h_1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}pv^2} \quad (2.9)$$

Dimana :

- g = percepatan gravitas (m/s^2)
- Δh = kerugian *head* dalam aliran fluida (mH_2O)
- ξ = koefisien *pressure loss* dari orifice
- ΔP = perbedaan tekanan dari orifice (Pa)
- V = kecepatan aliran fluida (m/s)
- p = densitas fluida (kg/m^3)

2.8 Computational Fluid Dynamic (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah suatu ilmu yang mempelajari tata cara memprediksi aliran fluida,

perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena-fenomena lain dengan menyelesaikan persamaan matematika. Pada umumnya terdapat tiga tahapan untuk melakukan proses simulasi CFD, yaitu ^[5]:

1) *Preprocessing*

Preprocessing merupakan tahapan pertama untuk membangun dan menganalisis sebuah model CFD, yaitu: dengan melakukan penggambaran geometri model, membuat *mesh* yang sesuai, menentukan kondisi batas model dan sifat-sifat fluidanya.

2) *Solving*

Solving merupakan tahapan untuk menghitung kondisi-kondisi yang telah diterapkan pada saat *preprocessing*.

3) *Postprocessing*

Postprocessing merupakan langkah terakhir dalam analisa CFD, yaitu: mengorganisasi dan menginterpretasikan data hasil simulasi CFD yang berupa gambar, kurva, dan animasi.

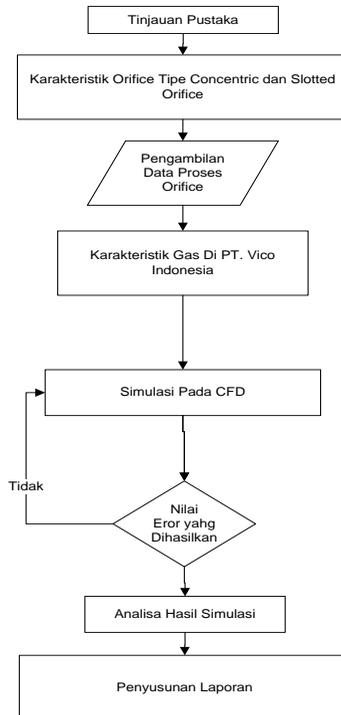
Halaman ini memang dikosongkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bagian ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam menganalisa *pressure loss* yang dihasilkan oleh *slotted* dan *concentric orifice* dengan menggunakan *software* CFD di PT. Vico Indonesia.

3.1 Alur Penelitian

Pada Bab 3 ini akan dijelaskan secara runtut alur tahap penelitian tugas akhir yang terlihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Flowchart penelitian tugas akhir

3.2 Tinjauan Pustaka

Pada tinjauan pustaka ini berisi literatur dari penelitian sebelumnya yang membandingkan antara orifice *plate* bertipe *slotted* dengan *concentric*. Berikut merupakan jurnal penelitian yang menjelaskan tentang perbandingan antara orifice *plate* bertipe *slotted* dengan *concentric*.

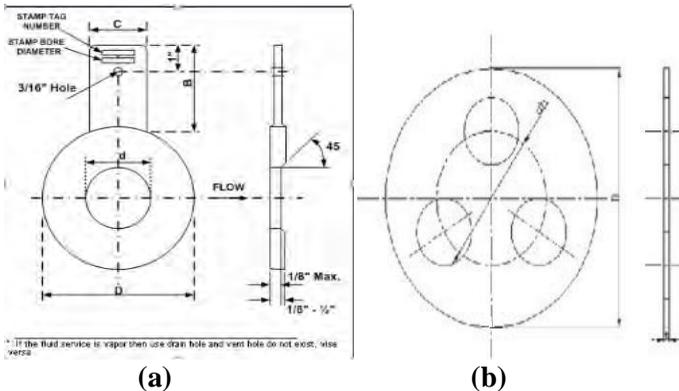
Tabel 3.1 Tinjauan Pustaka

No.	Jurnal	Rangkuman
1.	G. L. MORRISON*, K. R. HALLt, J. C. HOLSTE+, M. L. MACEK*, L. M. IHFE*,R. E. DeOTTE, Jr* and D. P. TERRACINA*. Comparison Of Orifice And Slotted Plate Flowmeters. TEXAS Texas A&M University, Turbomachinery Laboratory, Mechanical Engineering Department	Dengan nilai $\beta=0.5$ <i>coefisient discharge</i> yang pada orifice konvensional = - 1% - 6% dan <i>slotted</i> orifice = 0.25%. Ketika <i>swirl</i> di hubungkan dengan sisi <i>upstream</i> orifice maka <i>coefisient discharge</i> yang terjadi pada orifice konvensional = 5%, dan <i>slotted</i> orifice = 2%. Data diatas menunjukkan bahwa <i>slotted</i> orifice lebih baik dibandingkan dengan orifice konvensional untuk kondisi inlet yang melebihi dari <i>range</i> tersebut
2.	WALUYO,JOKO.Ju ni 2013. Uji Eksperimental	Pada jurnal melakukan pengujian terhdap

	<p>Orifice Multi Lubang Pada Saluran Berdiameter 50 mm. UGM, Jurusan Teknik Mesin dan Industri.</p>	<p>koefisien aliran pada orifice multi lubang . koefisien aliran multi lubang dilakukan dengan membandingkan terhadap persamaan kalibrasi ISO-ASME. Hasil penelitian menunjukkan bahwa orifice dengan 4 lubang memiliki keseuai dengan persamaan ISO-ASME.</p>
3.	<p>Kumar,Perumal. 2010.A CFD STUDY OF LOW PRESSURE WET GAS METERING USING SLOTTED ORIFICE METER .Serawak:<i>Curtin University Of Technology</i>,2010</p>	<p>Fluida <i>wet gas</i> merupakan suatu fluida yang dapat menimbulkan masalah bagi berbagai industri. <i>Slotted</i> orifice merupakan suatu alat yang digunakan untuk memperbaiki kinerja dari <i>standart</i> orifice. Pada penelitian ini di kaji terkait dengan efek yang dihasilkan dari <i>slotted</i> orifice dengan perbedaan geometri.</p>

3.3 Karakteristik *Concentric* dan *Slotted Orifice*

Pada dasarnya *concentric* dan *slotted* orifice merupakan suatu alat yang digunakan untuk menimbulkan perbedaan tekanan antara *upstream* dan *downstream*. Perbedaan yang terdapat pada *concentric* dan *slotted* orifice terletak pada *bore* yang terletak pada *plate* di orifice tersebut, untuk *concentric* hanya terdapat 1 *bore* pada orifice, dan *slotted* orifice memiliki lebih dari 1 *bore* pada orifice tersebut.



Gambar 3.2 (a) Orifice Concentric (b) *Slotted* Orifice

Perbedaan ini menyebabkan kemampuan untuk menghasilkan perbedaan tekanan antara *upstream* dan *downstream* yang berbeda, dalam berbagai penelitian di jurnal disebutkan bahwa *slotted* orifice memiliki kemampuan yang lebih baik untuk mengurangi *pressure loss* yang terjadi dibandingkan dengan *concentric* orifice baik untuk fluida gas dan cair. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa terkait dengan analisa *pressure loss* yang terjadi diantara orifice *plate* bertipe *concentric* dan *slotted* berdasarkan data proses aliran fluida yang terdapat pada PT. Vico Indonesia.

3.4 Pengambilan Data Proses Orifice

Data proses yang diambil merupakan data proses dari orifice *concentric* yang terdapat pada PT. Vico Indonesia yang memiliki tag number FE-37 dengan *beta ratio* 0.47119, FE-1602 dengan *beta ratio* 0.533. Data proses pada orifice *concentric* ini akan di jadikan juga sebagai acuan pada *slotted* orifice, karena pada PT Vico Indonesia orifice yang digunakan hanyalah *concentric* orifice. Nantinya akan diperbandingkan analisa *pressure loss* yang terjadi antara *concentric* dan *slotted* orifice , sehingga muncul rekomendasi dengan data proses yang terdapat pada PT. Vico Indonesia orifice tipe manakah yang memiliki *pressure loss* yang lebih rendah. Berikut merupakan tabel dan gambar untuk orifice

TABEL 3.2 Data Proses Orifice *Concentric* FE-37

<i>TAG NUMBER</i>	FE-37	<i>FLUID PREOPERTIS</i>
<i>FLUID STATE</i>	Gas	
<i>FLOW (M³/S)</i>	0,33	
<i>INLET PRESSURE (PA)</i>	4.789.759,95	
<i>TEMPERTURE (OF)</i>	120	
<i>BASE PRESSURE (PSIA)</i>	14.7	
<i>BASE TEMPERATURE (OF)</i>	60	
<i>OPERATING VISCOSITY (Pa.s)</i>	0,00001579	
<i>DENSITY (KG/M³)</i>	0,67	
<hr/>		
<i>BETTA = d/D</i>	0,47119	<i>PLATE & FLANGE</i>
<i>ORIFICE BORE DIAMETER (INCH)</i>	0,914	
<i>PIPE DIAMETER (INCH)</i>	1,939	
<i>PLATE THICKNESS (INCH)</i>	0,125	
<i>FLANGE MATERIAL</i>	CARBON STEEL	

TABEL 3.3 Data Proses Orifice *Concentric* FE-1602

<i>TAG NUMBER</i>	FE-1602	<i>FLUID PREOPERTIS</i>
<i>FLUID STATE</i>	Gas	
<i>FLOW (M³/S)</i>	1,65	
<i>INLET PRESSURE (PA)</i>	4.927.655,1	
<i>TEMPERTURE (OF)</i>	120	
<i>BASE PRESSURE (PSIA)</i>	14.7	
<i>BASE TEMPERATURE (OF)</i>	60	
<i>OPERATING VISCOSITY (Pa.s)</i>	0,00001579	
<i>DENSITY (KG/M³)</i>	0,67	
<hr/>		
<i>BETTA = d/D</i>	0,533	<i>PLATE & FLANGE</i>
<i>ORIFICE BORE DIAMETER (INCH)</i>	2,039	
<i>PIPE DIAMETER (INCH)</i>	3,826	
<i>PLATE THICKNESS (INCH)</i>	0,125	
<i>FLANGE MATERIAL</i>	<i>CARBON STEEL</i>	

3.5 Karakteristik Aliran Gas Pada Orifice *Concentric* di PT. Vico Indonesia

Pada dasarnya gas yang mengalir pada PT. Vico Indonesia merupakan gas alam yang terbentuk secara alami yang bercampur dengan berbagai senyawa non-hidrokarbon. Dimana gas alam tersebut 70-80 % terbuat dari metana. Dimana metana itu sendiri merupakan suatu senyawa kimia yang tidak berwarna dan

tidak berbau, dan dalam industri gas tersebut sering dijadikan bahan bakar untuk sebuah *plant*. Dari data proses yang didapatkan diatas maka karakteristik yang dimiliki oleh masing-masing orifice antara lain

- **Orifice Concentric dan Slotted FE-37**

Perhitungan Kecepatan Fluida

Variabel-variabel proses yang digunakan untuk menghitung nilai dari kecepatan fluida tersebut adalah flow (Q) dan luas penampang, baik luas penampang pipa (A1) maupun luas penampang orifice (A2). Maka A1 dan A2 adalah

$$A1 = \pi r^2$$

$$A1 = 3,14 \times 0,024^2$$

$$A1 = 1,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A2 = \pi r^2$$

$$A2 = 3,14 \times 0,0116^2$$

$$A2 = 4,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Maka nilai dari kecepatan fluida adalah

$$Q = A1,2 \cdot V1,2$$

$$V1 = Q/A1$$

$$V2 = Q/A2$$

$$v2 = \frac{0.33}{4.2 \times 10^{-4}}$$

$$v2 = 785,71 \text{ m/s}$$

$$v1 = \frac{0.33}{1,8 \times 10^{-3}}$$

$$v1 = 182,45 \text{ m/s}$$

Perhitungan Bilangan *reynold* :

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu}$$

Jika diketahui :

$$p = 0,67 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 182.45 \text{ m/s}^2$$

$$L = \frac{4 \times 1.8 \times 10^{-3}}{2 \times 3.14 \times 0.024} = 47,7 \times 10^{-3}$$

maka bilangan reynoldnya adalah

$$Re = \frac{0,67 \times 182.45 \times 47,710^{-3}}{0.0001579}$$

$$Re = 369.279,26$$

Viskositas fluida berdasarkan data proses = 0,00001579 Pa.s

- **Orifice Concentric dan Slotted FE-1602**

Perhitungan Kecepatan Fluida

Variabel-variabel proses yang digunakan untuk menghitung nilai dari kecepatan fluida tersebut adalah flow (Q) dan luas penampang, baik luas penampang pipa (A1) maupun luas penampang orifice (A2). Maka A1 dan A2 adalah

$$A1 = \pi r^2$$

$$A1 = 3,14 \times 0,097^2$$

$$A1 = 7,23 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A2 = \pi r^2$$

$$A2 = 3,14 \times 0,025^2$$

$$A2 = 1,96 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Maka nilai dari kecepatan fluida adalah

$$Q = A1 \cdot V1,2$$

$$V1 = Q/A1$$

$$V2 = Q/A2$$

$$v2 = \frac{1,65}{1,96 \times 10^{-3}}$$

$$v2 = 841,83 \text{ m/s}$$

$$v_1 = \frac{1,65}{7,23 \times 10^{-3}}$$

$$v_1 = 228,21 \text{ m/s}$$

Perhitungan Bilangan *reynold* :

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu}$$

Jika diketahui :

$$\rho = 0,67 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 228,21 \text{ m/s}^2$$

$$L = \frac{4 \times 7,23 \times 10^{-3}}{2 \times 3,14 \times 0,048} = 95,93 \times 10^{-3}$$

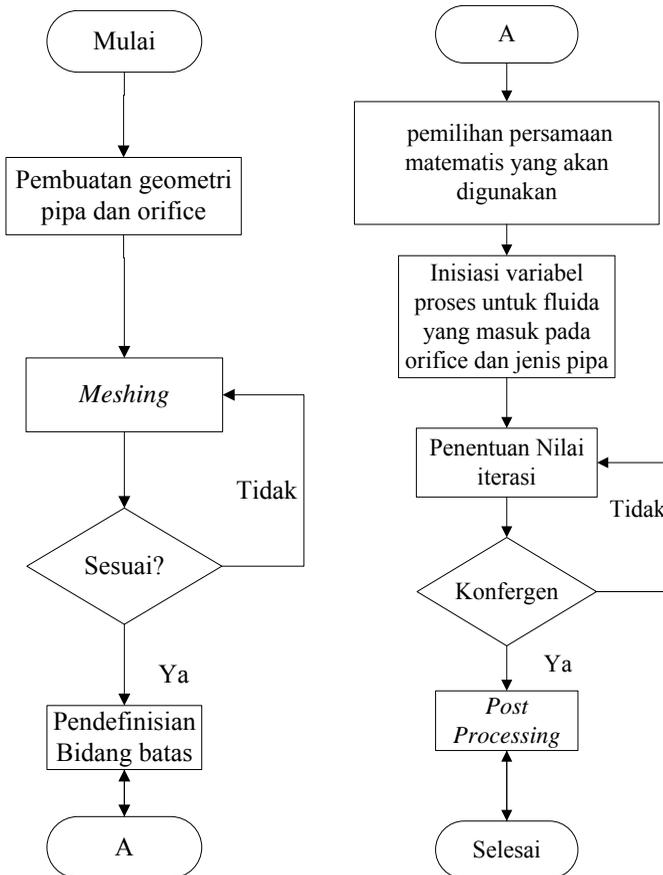
maka bilangan reynoldnya adalah

$$Re = \frac{0,67 \times 228,21 \times 95,93 \times 10^{-3}}{0,0001579}$$

$$Re = 928,927,43$$

Viskositas fluida berdasarkan data proses = 0,00001579 Pa.s

3.6 Simulasi Menggunakan CFD



Gambar 3.3 Flowchart tahapan simulasi pada CFD

Simulasi menggunakan *Computational Fluid Dynamic* ini bertujuan untuk mengetahui tekanan yang terjadi pada sisi *downstream orifice* setelah dimasukkan parameter tekanan pada sisi *upstream orifice* berdasarkan data yang di miliki oleh PT. Vico Indonesia. Dari nilai perbedaan tekanan yang diketahui melalui *software* tersebut maka dapat dicari dengan persamaan matematis nilai *lpressure loss* yang dihasilkan oleh masing-

masing *orifice*. Dalam menggunakan simulasi pada *software Computational Fluid Dynamic* diperlukan tahapan-tahapan berikut ini : diperlukan pemahaman terkait dengan bentuk geometri dari pipa dan *orifice* , pemahaman tersebut meliputi berapa panjang pipa, diameter pipa, berapa diameter *orifice*. Setelah itu di lakukan barulah kita menggambar geometri dari *orifice* dan pipa tersebut dalam *software Computational Fluid Dynamic*, ketika menggambarkan geometri dari *orifice* dan pipa di usahakan mendekati dari keadaan real yang terdapat pada PT. Vico Indonesia sehingga pola aliran *fluida* yang terjadi pada pipa dan *orifice* bisa mendekati dengan keadaan yang sebenarnya. Setelah gambar geometri selesai maka dilakukan *meshing* gambar dan pendefinisian bidang batas. Setelah hasil *mesh* sesuai dilakukan inisiasi variabel fisis yang harus dimasukkan yang sesuai dengan data yang dimiliki oleh PT. Vico Indonesia. Setelah itu dilakukan simulasi, untuk mengamati karakter *fluida* yang terjadi setelah melewati *orifice*.

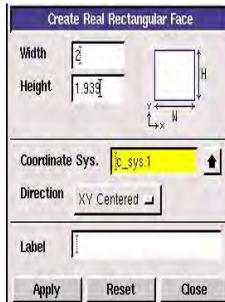
3.7 Penggambaran Geometri Orifice

Sebelum *running* tahap pertama melakukan gambar geometri pada pipa dan *orifice*, serta melakukan *meshing* pada *software* Gambit 2.2.30. Gambit merupakan suatu *software* dalam CFD yang digunakan untuk menggambar geometri bidang/volum baik secara 2 dimensi dan 3 dimensi

- **Penggambaran Geometri Orifice Concentric**

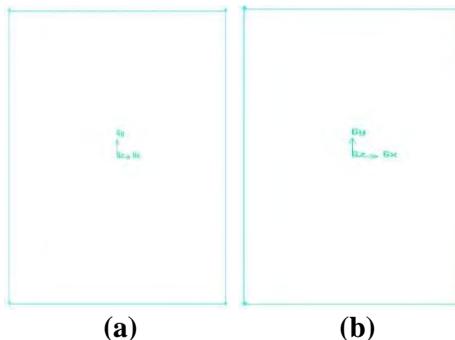
Untuk membuat gambar pada gambit yang sesuai dengan geometri *orifice* maka harus dibuat terlebih dahulu bidang yang merepresentasikan geometri pipa yang melewati *orifice* tersebut dengan data yang sesuai dengan **tabel 3.2** dan **3.3** dengan panjang dari diameter pipa sebesar 1 inchi dikarenakan tipe sambungan yang dipakai oleh perusahaan yaitu *flanged* dimana data peletakkan *pressure inlet* dan *outletnya* sebesar 1inchi dari titik *orifice*. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah dengan cara menggambar geometri dari pipa terlebih dahulu dengan cara *creat real rectangular face* dan masukkan panjang dan lebar

sesuai dengan data proses orifice untuk orifice *concentric* tipe 1 dan 2



Gambar 3.4 Pembuatan geometri pipa

Setelah membuat langkah pada **gambar 3.4** akan muncul geometri pada gambit sesuai dengan besaran yang kita masukkan pada kolom *width* dan *height*



Gambar 3.5 (a) Geometri Pipa Orifice *Concentric* dan *slotted* FE-37 (b) Orifice *Concentric* dan *slotted* FE-1602

Setelah melakukan pembuatan geometri pipa maka dilakukan pembuatan geometri *orifice* sama dengan pembuatan geometri pipa dengan penyesuaian diameter yang terdapat pada *datasheet*. Geometri orifice dibentuk dengan membuat titik terlebih dahulu pada bidang yang dibuat pada gambit yang

mewaikili pipa. untuk pembuatan *slotted* orifice diameter pipa akan dihitung menggunakan **persamaan 2.2**

$$\pi x \frac{D0^2}{4} = N x \pi x \frac{Dslotted^2}{4}$$

- Untuk *slotted* orifice 5 lubang tipe FE-37

$$D0 = 0,914 x 0,0254 = 0,0232 \text{ m}$$

$$3,14 x \frac{0,0232^2}{4} = 5 x 3,14 x \frac{Dslotted^2}{4}$$

$$0,000415 = 3,925 x Dslotted^2$$

$$\frac{0,000415}{3,925} = Dslotted^2$$

$$\sqrt{0,0001057} = Dslotted^2$$

$$Dslotted = 0,01028 \text{ m}$$

$$Dslotted = 0,404 \text{ inchi}$$

- Untuk *slotted* orifice 16 lubang tipe FE-37

$$D0 = 0,914 x 0,0254 = 0,0232 \text{ m}$$

$$3,14 x \frac{0,0232^2}{4} = 16 x 3,14 x \frac{Dslotted^2}{4}$$

$$0,000415 = 12,56 x Dslotted^2$$

$$\frac{0,000415}{12,56} = Dslotted^2$$

$$\sqrt{0,0000330} = Dslotted^2$$

$$Dslotted = 0,00574 \text{ m}$$

$$Dslotted = 0,226 \text{ inchi}$$

- Untuk *slotted* orifice 5 lubang tipe FE-1602

$$D0 = 2,039 x 0,0254 = 0,0517 \text{ m}$$

$$3,14 x \frac{0,0517^2}{4} = 5 x 3,14 x \frac{Dslotted^2}{4}$$

$$0,00204 = 3,925x D_{slotted}^2$$

$$\frac{0,00204}{3,925} = D_{slotted}^2$$

$$\sqrt{0,0005197} = D_{slotted}$$

$$D_{slotted} = 0,0227 \text{ m}$$

$$D_{slotted} = 0,897 \text{ inchi}$$

- Untuk *slotted* orifice 16 lubang tipe FE-1602

$$D_0 = 2,039x 0,0254 = 0,0517 \text{ m}$$

$$3,14 x \frac{0,0517^2}{4} = 16 x 3,14 x \frac{D_{slotted}^2}{4}$$

$$0,00204 = 12,56 x D_{slotted}^2$$

$$\frac{0,00204}{12,56} = D_{slotted}^2$$

$$\sqrt{0,0001624} = D_{slotted}$$

$$D_{slotted} = 0,0127 \text{ m}$$

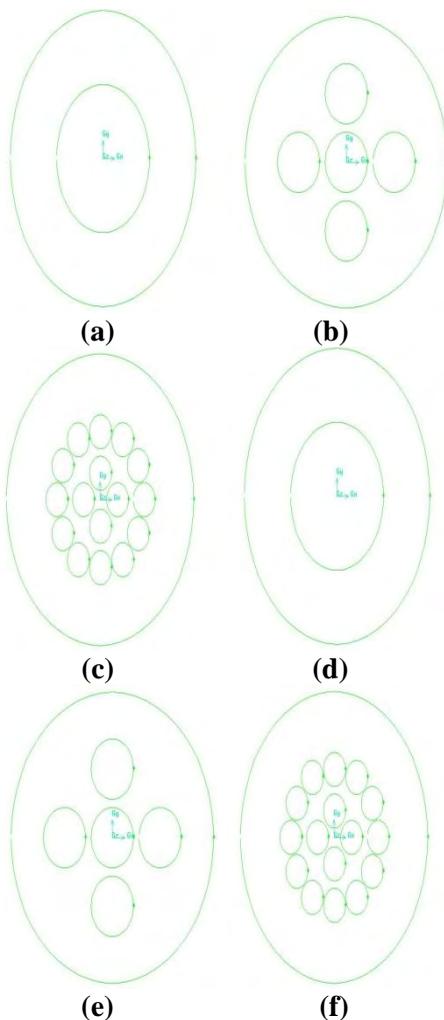
$$D_{slotted} = 0,501 \text{ inchi}$$

Jadi dari data diatas maka dapat disimpulkan bahwa

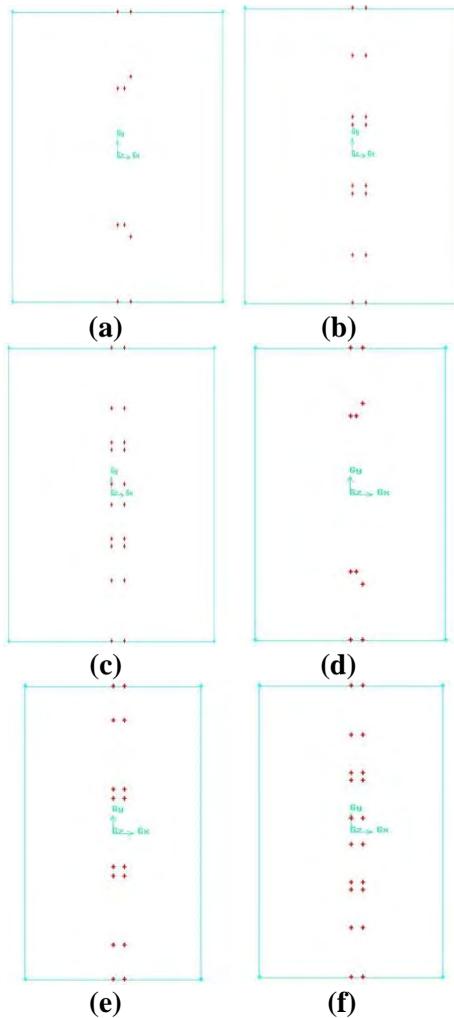
Tabel 3.4 Diameter pipa dan *Slotted* orifice

Type	Diameter Pipa (inc)	Diameter <i>Slotted</i> Orifice (inc)	Diameter <i>Concentric</i> Orifice (inc)
FE-37	1.939	0,404(5)/0,226(16)	0,914
FE-1602	3.826	0,897(5)/0,501(16)	2,039

Dimana gambar permukaan penampang dari *slotted* dan *concentric* orifice tersebut adalah sebagai berikut

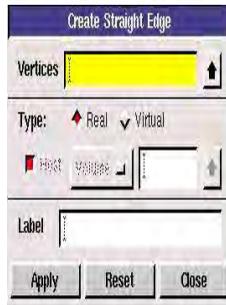


Gambar 3.6 (a) *Desaign conencetric* FE-37,(b) *Desaign slotted* FE-37 variasi 5 lubang, (c) *Desaign slotted* FE-37 variasi 16 lubang (d) *Desaign conencetric* FE-1602, (e) *Desaign slotted* FE-1602 variasi 5 lubang (f) *Desaign slotted* FE-1602 variasi 16 lubang



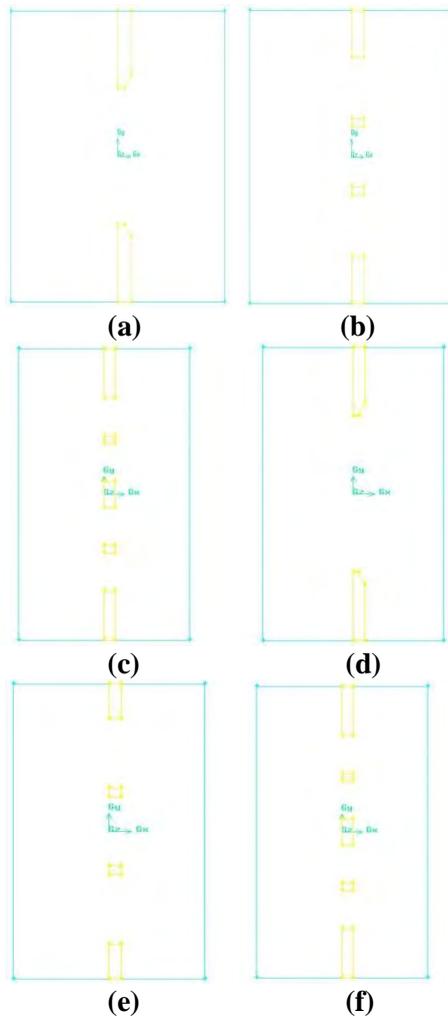
Gambar 3.7 (a) Pembuatan titik *conentric* FE-37,(b) Pembuatan titik *slotted* FE-37 variasi 5 lubang, (c) Pembuatan titik *slotted* FE-37 variasi 16 lubang (d) Pembuatan titik *conentric* FE-1602, (e) Pembuatan titik *slotted* FE-1602 variasi 5 lubang (f) Pembuatan titik *slotted* FE-1602 variasi 16 lubang

Setelah titik dibuat titik tersebut disatukan supaya membentuk sebuah garis disatukan dengan cara mengklik titik yang kita telah buat pada **gambar 3.6** penyatuan tersebut menggunakan *tolls* pada gambit dibawah ini



Gambar 3.8 Pembuatan *edge* pada gambit

Dan gambar dari garis yang telah dibentuk oleh titik-titik tersebut akan nampak seperti gambar dibawah ini



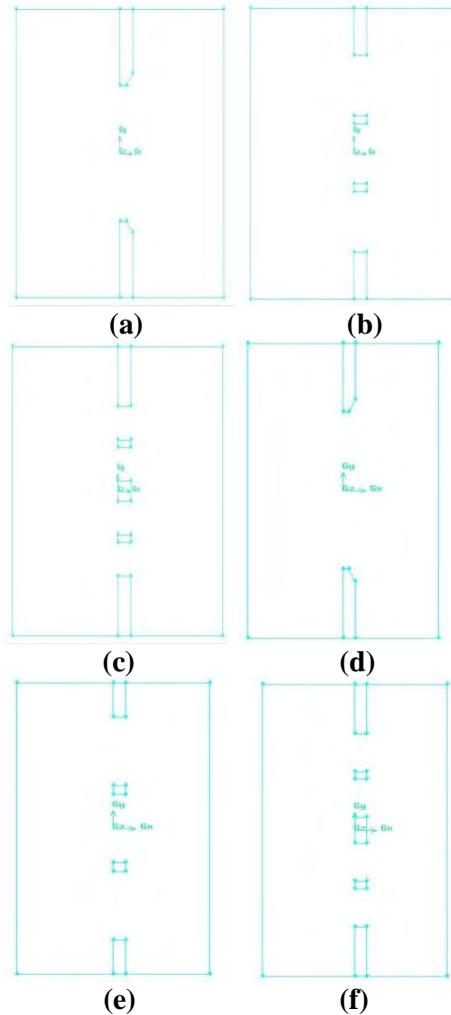
Gambar 3.9 (a) Garis *conentric* FE-37, (b) Garis *slotted* FE-37 variasi 5 lubang, (c) Garis *slotted* FE-37 variasi 16 lubang (d) Garis *conentric* FE-1602, (e) Garis *slotted* FE-1602 variasi 5 lubang (f) Garis *slotted* FE-1602 variasi 16 lubang

Setelah garis terbuat pada gambit langkah selanjutnya adalah membuat bidang pada orifice agar dapat menyatu dengan bidang pipa yang telah terbuat. Dalam *software* gambit *tool* yang digunakan sesuai dengan gambar berikut



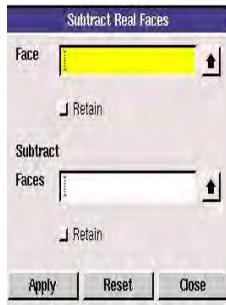
Gambar 3.10 Pembuatan bidang Pada Gambit

Dari garis-garis yang telah terbentuk maka disatukan dengan *tool* **gambar 3.9** diatas sehingga membentuk gambit yang sesuai dengan gambar di bawah ini



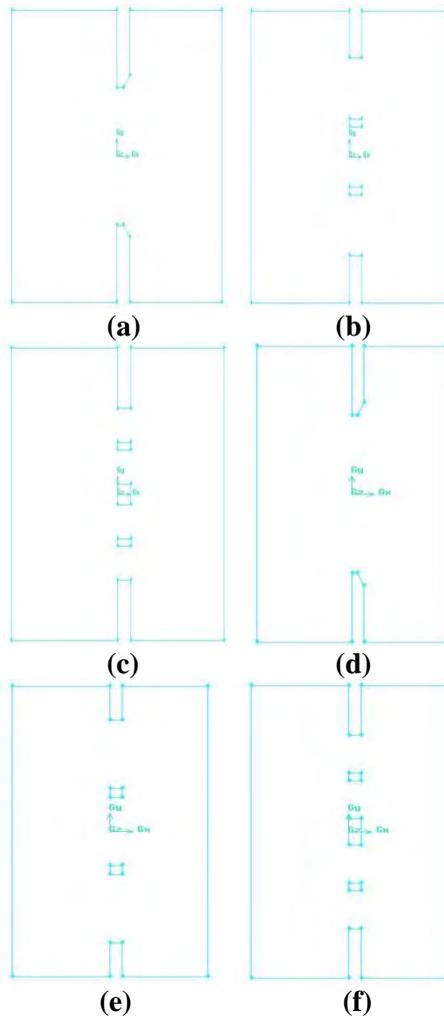
Gambar 3.11 (a) Bidang *conencetric* FE-37,(b) Bidang *slotted* FE-37 variasi 5 lubang, (c) Bidang *slotted* FE-37 variasi 16 lubang (d) Bidang *conencetric* FE-1602, (e) Bidang *slotted* FE-1602 variasi 5 lubang (f) Bidang *slotted* FE-1602 variasi 16 lubang

Setelah bidang terbuat pada gambit langkah selanjutnya adalah *mensubtract* atau memotong antara bidang yang telah kita buat pada pipa dan orifice , sehingga nanti akan menjadi 1 bidang saja. Dalam *software* gambit *tool* yang digunakan sesuai dengan gambar berikut



Gambar 3.12 *Substract* pada gambit

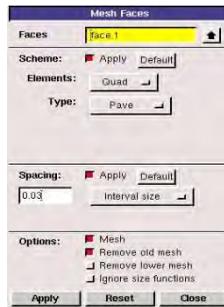
Dari bidang yang telah terbentuk maka dipotong dengan *tool gambar 3.11* diatas sehingga membentuk gambit yang sesuai dengan gambar di bawah ini



Gambar 3.13 (a) Geometri *concentric* FE-37, (b) Geometri *slotted* FE-37 variasi 5 lubang, (c) Geometri *slotted* FE-37 variasi 16 lubang (d) Geometri *concentric* FE-1602, (e) Geometri *slotted* FE-1602 variasi 5 lubang (f) Geometri *slotted* FE-1602 variasi 16 lubang

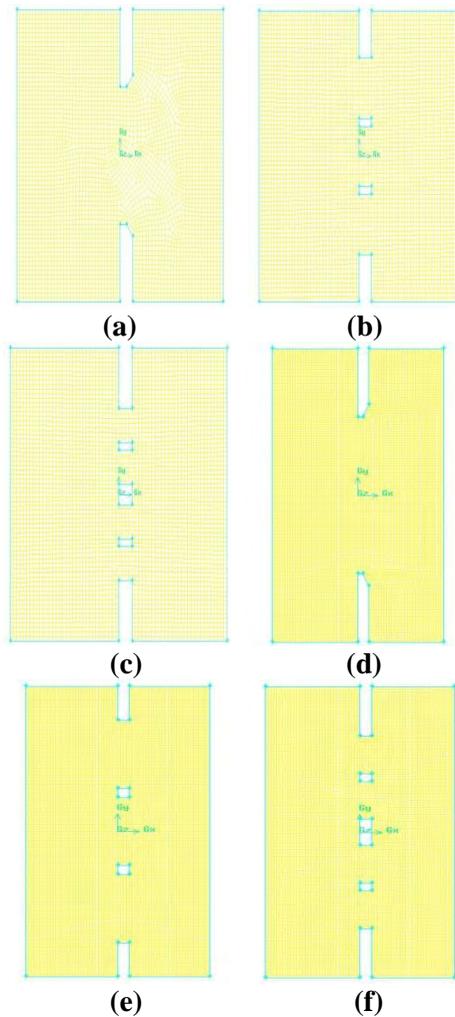
3.8 Meshing Orifice

Proses *meshing* merupakan suatu proses yang cukup lama dalam menggunakan CFD. Dimana prosesnya tergantung dari seberapa rumit geometri yang kita buat dalam *software* tersebut. Secara definisi *meshing* berfungsi untuk menjadikan geometri yang kita buat dalam bagian-bagian kecil agar kita dapat mengetahui nilai *error* atau yang biasa disebut dengan *worst elemen* pada geometri yang kita buat, dimana bagian terkecil dari sebuah volum disebut dengan *cells*, bagian terkecil dari sub volum biasa disebut dengan *nodes*, dll



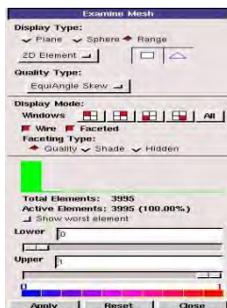
Gambar 3.14 Meshing pada gambit

Dari beberapa parameter yang telah dilakukan maka didapat gambar *meshing* tiap elemen pada orifice adalah sebagai berikut



Gambar 3.15 (a) *Meshing concentric FE-37*, (b) *Meshing slotted FE-37 variasi 5 lubang*, (c) *Meshing slotted FE-37 variasi 16 lubang* (d) *Meshing concentric FE-1602*, (e) *Meshing slotted FE-1602 variasi 5 lubang* (f) *Meshing slotted FE-1602 variasi 16 lubang*

Nilai *worst elemen* yang diizinkan pada *software* CFD ini dari 0-0.97, dan apabila nilai *worst elemen* melebihi nilai tersebut di beberapa literatur akan menyebabkan nilai iterasi pada step yang selanjutnya akan menjadi tidak *konvergen*.



Gambar 3.16 *Worst element* pada gambit

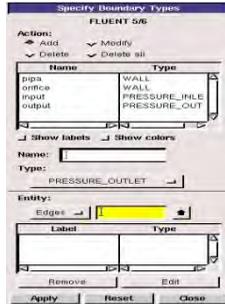
Dari gambar diatas masing-masing memiliki nilai *worst elemen* seperti tabel berikut ini:

Tabel 3.5 Nilai ukuran *mesh* dan *worst element* orifice

Orifice Concentric	Ukuran Mesh	Total Element	Nilai Worst Element
FE-37	0,03	3995	0,425
FE-1602	0.03	5003	0,39
Slotted Orifice 5 Lubang	Ukuran Mesh	Total Element	Nilai Worst Element
FE-37	0.03	4157	0,02
FE-1602	0.03	4080	0,01
Slotted Orifice 16 Lubang	Ukuran Mesh	Total Element	Nilai Worst Element
FE-37	0.03	8296	0,006
FE-1602	0,03	8175	0,03

3.9 Pendefinisian Bidang Batas

Setelah gambar geometri dan *meshing* selesai dilakukan maka dilakukan pendefinisian bidang batas untuk menentukan nilai parameter dari *inlet*, *outlet*, dan dinding bidang. Adapun pendefinisian bidang batas akan dilahat seperti tabel dibawah ini:



Gambar 3.17 Pendefinisian bidang batas pada gambit

Tabel 3.6 Pendefinisian Bidang

Penetapan Tipe Bidang Batas		
No	Nama	Tipe
1	Inlet	Pressure Inlet
2	Outlet	Pressure Outlet
3	Pipa	Wall
4	Orifice	Wall

pada tabel diatas menjelaskan tentang pendefinisian bidang batas yang digunakan untuk mendefinisikan besaran/jenis dari gambar geometri yang telah dibuat. Tipe dari *input* pipa berupa berupa *Pressure_Inlet* karena menjadi parameter masukan pipa, tipe dari *output* pipa berupa *pressure-outlet* karena hal tersebut yang akan dicari untuk menentukan berapa *pressure loss* yang akan di hasilkan oleh orifice tersebut, sedangkan tipe pipa dan orifice berupa *wall* karena berfungsi sebagai dinding

3.10 Pemilihan Persamaan Matematis

Penentuan aliran laminar dan turbulent ini didasarkan untuk menentukan rumus yang dipakai pada *fluent*, dimana *fluent* itu

sendiri terbangun atas beberapa kondisi aliran yaitu laminar, in dan turbulent. Dari kedua orifice diatas dapat disimpulkan bahwa aliran yang terjadi pada masing-masing orifice memiliki aliran yang turbulent dikarenakan bilangan *reynold number*nya > 4000 . Untuk jenis fluida yang turbulent fluent menyediakan beberapa rumus antara lain *spalart-allmaras*, *k-epsilon*, *k-omega*, dan model *reynold stress*, dimana masing-masing model memiliki persamaan matematis tersendiri. Pada khusus diatas yang tergolong dengan bilangan *reynold* yang cukup besar oleh karena itu dipilih pemodelan berupa *k-epsilon* dikarenakan kestabilan, ekonomis (dari sisi komputasi), dan akurasi yang memadai untuk ukuran berbagai jenis aliran turbulent. Persamaan matematis untuk menghitung beberapa parameter yang akan di jadikan acuan dalam *fluent*

- **Orifice Concentric dan Slotted FE-37**

Perhitungan intensitas *turbulensi*

$$I = 0,16 (Re)^{-1/8} 100\%$$

$$I = 0,16 (369.279,26)^{-\frac{1}{8}} \times 100\%$$

$$I = 3,2\%$$

Perhitungan skala panjang (l) dan HD

$$l = 0,007 \times D_{\text{pipa}}$$

$$l = 0,007 \times 0,0492$$

$$l = 3,44 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$HD = D_{\text{pipa}}$$

$$HD = 0,0492 \text{ m}$$

Perhitungan energi kinetik *turbulent*

$$k = \frac{3}{2} (V1 \times I)^2$$

$$k = \frac{3}{2} (182,45 \times 0,032)^2$$

$$k = 51,13$$

Perhitungan nilai epsilon

$$\epsilon = \epsilon_{\mu}^{3/4} \left(\frac{k^2}{l} \right)^{3/4}$$

$$\epsilon = 0,09^{3/4} \left(\frac{51,13^2}{3,44 \times 10^{-3}} \right)^{3/4}$$

$$\epsilon = 17.463,37$$

- **Orifice Concentric dan Slotted FE-1602**

Perhitungan intensitas *turbulensi*

$$I = 0,16 (Re)^{-1/8} 100\%$$

$$I = 0,16 (928.927,43)^{-1/8} \times 100\%$$

$$I = 2,8\%$$

Perhitungan skala panjang (l) dan HD

$$l = 0,007 \times D_{\text{pipa}}$$

$$l = 0,007 \times 0,097$$

$$l = 6,79 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$HD = D_{\text{pipa}}$$

$$HD = 0,097 \text{ m}$$

Perhitungan energi kinetik *turbulent*

$$k = \frac{3}{2} (V_1 \times l)^2$$

$$k = \frac{3}{2} (228,21 \times 0,028)^2$$

$$k = 61,24$$

Perhitungan nilai epsilon

$$\epsilon = \epsilon_{\mu}^{3/4} \left(\frac{k^2}{l} \right)^{3/4}$$

$$\epsilon = 0,09^{3/4} \left(\frac{61,24^2}{6,79 \times 10^{-3}} \right)^{3/4}$$

$$\epsilon = 11.597,51$$

3.11 Inisiasi Variabel Proses

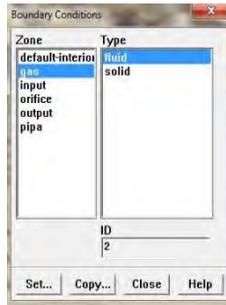
Inisiasi variabel proses yaitu memasukkan nilai imputan ke dalam *software* CFD sesuai dengan data proses yang dimiliki oleh orifice sesuai dengan **tabel 3.2** dan **3.3**

Tabel 3.7 Penentuan Parameter Besaran Fisis pada Fluent

Parameter	Nilai
Penentuan Satuan dan Skala	
Satuan	Inchi
Skala	Meter
Penentuan Material	
Fluida	Methane (dengan nilai density = 0.67 kg/m ³ , dan viskositas = 1.57x10 ⁻⁶)
Material	Steel (dengan nilai density = 7990 kg/m ³)
Penentuan Batas	
Input (pressure_Inlet)	Pinlet 4789759; 4927655.1 m/s, Temperatur 322.03 K
Dinding (Wall)	Material steel, Temperature 307.16 K
Penentuan Nilai Residu	
Continuity	0,001

Pada **tabel 3.7** di atas dijelaskan tentang parameter-parameter besaran fisis yang ditentukan pada saat simulasi, besaran-besaran fisis tersebut menjadi penentu utama bentuk pola aliran fluidanya. Satuan tersebut adalah satuan ukuran pipa yang sebenarnya, sedangkan skala digunakan pada saat simulasi. Pada parameter penentuan skala ini adalah salah satu parameter terpenting yang harus dimasukkan pada simulasi, fluida merupakan parameter yang mengalir pada pipa yang memiliki perbedaan karakter sesuai jenis dan densitas fluida, sedangkan material merupakan parameter jenis dinding pipa yang digunakan.

Penentuan batas *input*, *output*, dinding, dilakukan untuk memasukkan nilai temperatur dan kecepatan *input*.



Gambar 3.18 Inisiasi variabel proses

3.12 Penentuan Nilai Iterasi

Penentuan nilai Residu digunakan untuk menentukan nilai ambang batas iterasi mencapai nilai konvergen, ketika nilai iterasi sudah mencapai konvergen maka baru dilakukan analisa terhadap pola aliran

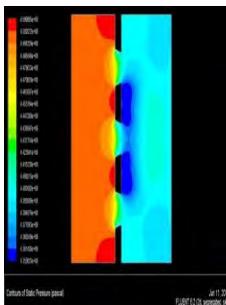
Tabel 3.8 Penentuan nilai iterasi pada fluent

Parameter	Nilai
x-velocity	0,001
y-velocity	0,001
z-velocity	0,001
Energi	10-6
K	0,001
Epsilon	0,001

3.13 Post Processing

Pada CFD-*Post* ini akan diamati tentang perubahan tekanan dan kecepatan aliran fluida terhadap besar *centric* dan *slotted* orifice Tekanan dan perubahan kecepatan aliran fluida ini diamati pada tiga titik, yaitu: ketika masuk pada *hole*, ketika melewati *hole* orifice, dan sesudah melewati *hole*. Apabila warna pola

aliran fluidanya semakin ke arah merah, maka nilai tekanan dan kecepatan alirannya semakin tinggi. Begitu sebaliknya, apabila warna pola aliran fluidanya semakin ke arah biru, maka nilai tekanan dan kecepatan alirannya semakin rendah. Dan akan ditunjukkan dengan gambar 3.18 berikut:



Gambar 3.19 Pengamatan pada keseluruhan orifice

Halaman ini memang dikosongkan.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dianalisa *pressure loss* yang terjadi pada konvensional dan *slotted orifice* dengan menggunakan *software* CFD. Dimana analisa dilakukan berdasarkan perhitungan numeric untuk mengetahui nilai koefisien *pressure loss* dari masing- masing orifice setelah itu dilakukan perbandingan antara konvensional dan *slotted orifice* yang memiliki perbandingan diameter yang sama , dan setelah itu akan diketahui perbandingan *pressure loss* pada orifice tersebut.

4.1 Perhitungan ΔP Orifice Secara Teori

Perhitungan matematis ΔP orifice secara teori ini berdasarkan pada persamaan 2.1, dimana perhitungan ini akan dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui nilai eror yang dihasilkan oleh CFD.

- **Orifice Concentric dan Slotted FE-37**

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho v^2 K$$

Nilai dari K adalah

$$k = \frac{(1 - \beta^2)}{\beta^2}$$
$$k = \frac{(1 - 0.4715^2)}{0.4715^2}$$
$$k = 3.46$$

Maka perbedaan tekanan *inlet* dan *outlet* yang dihasilkan adalah

$$\Delta P = \frac{1}{2} 0,67 \times 182,45^2 \times 3.46$$
$$\Delta P = 38.584,1237 \text{ Pascal}$$

- **Orifice Concentric dan Slotted FE-1602**

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho v^2 K$$

Nilai dari K adalah

$$k = \frac{(1 - \beta^2)}{\beta^2}$$

$$k = \frac{(1 - 0.525^2)}{0.525^2}$$

$$k = 2.62$$

Maka perbedaan tekanan *inlet* dan *outlet* yang dihasilkan adalah

$$\Delta P = \frac{1}{2} 0,67 \times 228,21^2 \times 2,62$$

$$\Delta P = 45.710,44 \text{ Pascal}$$

4.2 Analisa Karakteristik Aliran Gas Pada Orifice di PT. Vico Indonesia

Seperti yang di ketahui pada metodologi 3.5 beberapa parameter untuk mengetahui karakteristik fluida antara lain *viskositas*, *reynold number*, dan kecepatan fluida sesuai dengan tabel dibawah ini

Tabel 4.1 Data Karakteris Aliran Gas

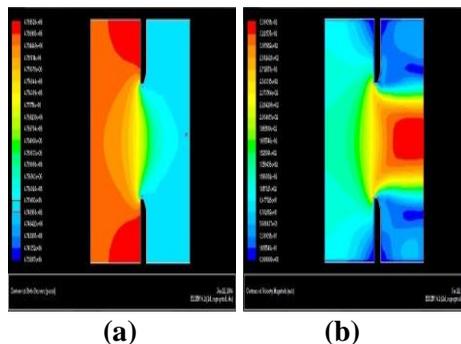
Orifice Concentric	Reynold Number	Viskositas (Pa.s)	Kecepatan Fluida V1/V2(m/s)
FE-37	369.279,26	0,00001579	182,45/785,71
FE-1602	928.927,43	0,00001579	228,21 /841,83

Dari data diatas dapat diketahui bahwa nilai dari *reynold number* > 4000 sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa kedua orifice memiliki jenis aliran yang turbulensi, dimana aliran *turbulent* itu sendiri memiliki karakteristik fluida yang mengalir bergerak kesegala arah, dan *reynold number* itu sendiri tidak hanya dipengaruhi oleh kecepatan fluida saja tet, tetapi juga tergantung dengan besaran fisis lain seperti diameter pipa, massa jenis, dan *viskositas*. Sehingga hal itu menyebabkan orifice FE-1602 memiliki bilangan *reynold* yang lebih besar dari pada orifice FE-37, karena memiliki kecepatan dan perbandingan antara

diameter pipa dan diameter orifice yang lebih besar. Semakin besar perbandingan antara diameter pipa dengan diameter orifice maka akan menyebabkan kecepatan fluida juga semakin bertambah, semakin besar kecepatan fluidanya akan mengakibatkan perbedaan *pressure inlet* dan *outlet* yang semakin besar. Dari hal ini dapat dipastikan bahwa perbedaan *pressure inlet* dan *outlet* pada orifice FE-1602 lebih besar daripada orifice FE-37. Dan karakteristik ini yang akan digunakan untuk mensimulasikan ke dalam CFD.

4.3 Analisa *Pressure Drop* Pada Orifice *Concentric* FE-37

Pada analisa *pressure drop* orifice *concentric* FE-37 akan dijelaskan tentang hubungan antara *plate* orifice dengan *pressure drop* yang terjadi pada orifice. Pada simulasi CFD ini *pressure drop* yang diamati terletak pada titik *inlet* dan outlet sebelum dan sesudah melewati orifice tersebut. Berikut adalah pola *pressure drop* yang terjadi pada orifice *concentric* FE-37.



Gambar 4.1 (a) *Pressure drop concentric* FE-37, (b) *Velocity concentric* FE-37

Keterangan :

- Waran biru sampai dengan merah menunjukkan distribusi tekanan dari nilai terendah sampai tertinggi.

Dari **gambar 4.1** memiliki pola yaitu *pressure inlet* memiliki nilai yang lebih besar dari pada *pressure outlet*, hal ini sesuai dengan teori tentang aplikasi dari orifice sendiri yang digunakan untuk menciptakan perbedaan tekanan dari sisi *inlet* dan *outletnya*, *pressure outlet* memiliki distribusi tekanan yang lebih kecil dari pada *pressure inlet* dikarenakan terdapat pertambahan kecepatan setelah fluida gas melewati orifice tersebut, dan hal ini sesuai dengan prinsip *bernouli* yang menyebutkan hubungan antara kecepatan dengan tekanan. Dan *pressure outlet* yang tertinggi pada **gambar 4.1** terjadi ketika *velocity profile* yang di visualisakian memiliki kontur tertinggi yaitu saat terdapat pada kontur warna merah. Berdasarkan simulasi maka ΔP yang terbentuk adalah

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.789.759,95 - 4.750.225,5 = 39.534,45 \text{ Pascal}$$

Nilai *prosentase* nilai eror yang dihasilkan antara perhitungan simulasi dengan perhitungan matematis sebesar - 2,4%. Dan untuk mengetahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan **persamaan 2.10** adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

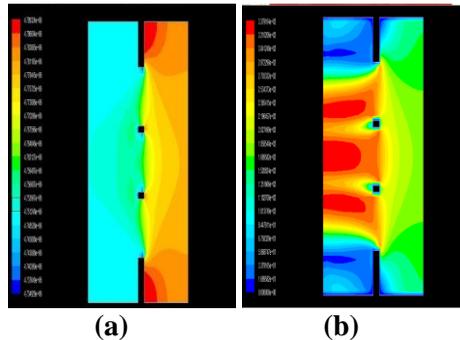
$$\xi = \frac{39.534,45}{\frac{1}{2}0,67 \times 182,45^2}$$

$$\xi = 3,54$$

4.4 Analisa Pressure Drop Pada Slotted Orifice FE-37 Variasi 5 Lubang

Pada Pada analisa *pressure drop slotted orifice* FE-37 variasi 5 lubang akan dijelaskan tentang hubungan antara variasi *plate orifice* dengan *pressure drop* yang terjadi pada orifice. Pada simulasi CFD ini *pressure drop* yang diamati terletak pada titik

inlet dan outlet sebelum dan sesudah melewati orifice tersebut. Berikut adalah pola *pressure drop* yang terjadi pada *slotted orifice* FE-37 variasi 5 lubang



Gambar 4.2 (a) *Pressure drop* *slotted orifice* FE-37 variasi 5 lubang, (b) *Velocity* *slotted orifice* FE-37 variasi 5 lubang

Keterangan :

- Waran biru sampai dengan merah menunjukkan distribusi tekanan dari nilai terendah sampai tertinggi.

Dari **gambar 4.2** memiliki pola yaitu *pressure inlet* memiliki nilai yang lebih besar dari pada *pressure outlet*, hal ini sesuai dengan teori tentang aplikasi dari orifice sendiri yang digunakan untuk menciptakan perbedaan tekanan dari sisi *inlet* dan *outletnya*, *pressure outlet* memiliki distribusi tekanan yang lebih kecil dari pada *pressure inlet* dikarenakan terdapat pertambahan kecepatan setelah fluida gas melewati orifice tersebut, dan hal ini sesuai dengan prinsip *bernouli* yang menyebutkan hubungan antara kecepatan dengan tekanan. Dan *pressure outlet* yang tertinggi pada **gambar 4.2** terjadi ketika *velocity profile* yang di visualisakian memiliki kontur tertinggi yaitu saat terdapat pada kontur warna merah. Hal ini sedikit berbeda dengan profil kecepatan maupun *pressure* pada **gambar 4.1** dikarenakan lubang pada *plate* lebih banyak sehingga dengan

aliran fluida yang *turbulent* yang menyebar ke segala arah dapat lebih tertangkap oleh orifice *slotted* dibandingkan dengan orifice *concentric* FE-37. Berdasarkan simulasi maka ΔP yang terbentuk adalah

$$\Delta P = P_{inlet} - P_{outlet}$$

$$\Delta P = 4.789.759,95 - 4.750.905,5 = 38.854,45 \text{ Pascal}$$

Nilai *prosentase* nilai eror yang dihasilkan antara perhitungan simulasi dengan perhitungan matematis sebesar - 0,7%. Dan untuk mengetahui koefisien *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan **persamaan 2.10** adalah sebagai berikut

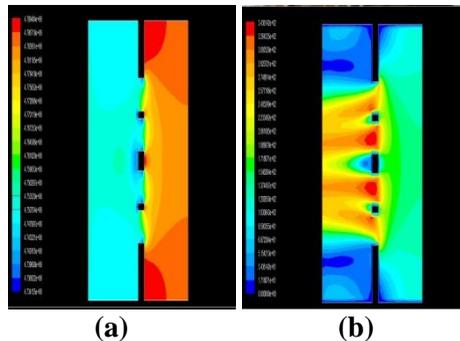
$$\xi = \frac{h_1}{\frac{v^2}{2g}} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{38.854,45}{\frac{1}{2} \cdot 0,67 \times 182,45^2}$$

$$\xi = 3,48$$

4.5 Analisa *Pressure Drop* Pada *Slotted Orifice* FE-37 Variasi 16 Lubang

Pada Pada analisa *pressure drop slotted orifice* FE-37 variasi 16 lubang akan dijelaskan tentang hubungan antara variasi *plate orifice* dengan *pressure drop* yang terjadi pada orifice. Pada simulasi CFD ini *pressure drop* yang diamati terletak pada titik *inlet* dan outlet sebelum dan sesudah melewati orifice tersebut. Berikut adalah pola *pressure drop* yang terjadi pada *slotted orifice* FE-37 variasi 16 lubang



Gambar 4.3 (a) *Pressure drop* slotted orifice FE-37 variasi 16 lubang, (b) *Velocity* slotted orifice FE-37 variasi 16 lubang

Keterangan :

- Waran biru sampai dengan merah menunjukkan distribusi tekanan dari nilai terendah sampai tertinggi.

Dari **gambar 4.3** diatas memiliki pola yaitu *pressure inlet* memiliki nilai yang lebih besar dari pada *pressure outlet*, hal ini sesuai dengan teori tentang aplikasi dari orifice sendiri yang digunakan untuk menciptakan perbedaan tekanan dari sisi *inlet* dan *outletnya*, *pressure outlet* memiliki distribusi tekanan yang lebih kecil dari pada *pressure inlet* dikarenakan terdapat pertambahan kecepatan setelah fluida gas melewati orifice tersebut, dan hal ini sesuai dengan prinsip *bernouli* yang menyebutkan hubungan antara kecepatan dengan tekanan. Dan *pressure outlet* yang tertinggi pada **gambar 4.3** terjadi ketika *velocity profile* yang di visualisakian memiliki kontur tertinggi yaitu saat terdapat pada kontur warna merah. Hal ini sedikit berbeda dengan profil kecepatan maupun *pressure* pada **gambar 4.1** maupun **4.2** dikarenakan lubang pada *plate* lebih banyak sehingga dengan aliran fluida yang *turbulent* yang menyebar kesegala arah dapat lebih tertangkap oleh orifice dibandingkan dengan orifice *concentric* FE-37, semakin banyak lubang pada *plate* di orifice maka semakin pendek juga kecepatan maksimal

yang melewati orifice tersebut. Berdasarkan simulasi maka ΔP yang terbentuk adalah

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.789.759,95 - 4.752.137 = 37.622,95 \text{ Pascal}$$

Nilai *prosentase* nilai eror yang dihasilkan antara perhitungan simulasi dengan perhitungan matematis sebesar 2,49%. Dan untuk mengetahui koefisien *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan **persamaan 2.10** adalah sebagai berikut

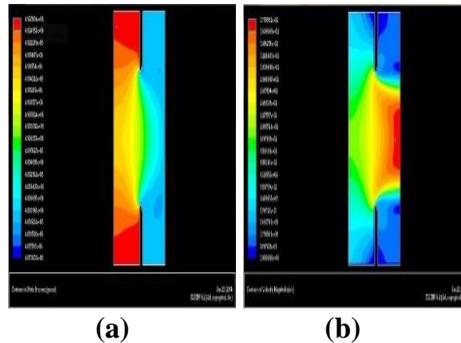
$$\xi = \frac{h_1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{37.622,95}{\frac{1}{2} \cdot 0,67 \cdot 182,45^2}$$

$$\xi = 3,37$$

4.6 Analisa *Pressure Drop* Pada Orifice *Concentric FE-1602*

Pada analisa *pressure drop* orifice *concentric* FE-1602 akan dijelaskan tentang hubungan antara *plate* orifice dengan *pressure drop* yang terjadi pada orifice. Pada simulasi CFD ini *pressure drop* yang diamati terletak pada titik *inlet* dan outlet sebelum dan sesudah melewati orifice tersebut. Berikut adalah pola *pressure drop* yang terjadi pada orifice *concentric* FE-1602.



Gambar 4.4 (a) *Pressure drop orifice concentric FE-1602*, (b) *Velocity orifice concentric FE-1602*.

Keterangan :

- Waran biru sampai dengan merah menunjukkan distribusi tekanan dari nilai terendah sampai tertinggi.

Dari **gambar 4.4** memiliki pola yaitu *pressure inlet* memiliki nilai yang lebih besar dari pada *pressure outlet*, hal ini sesuai dengan teori tentang aplikasi dari orifice sendiri yang digunakan untuk menciptakan perbedaan tekanan dari sisi *inlet* dan *outletnya*, *pressure outlet* memiliki distribusi tekanan yang lebih kecil dari pada *pressure inlet* dikarenakan terdapat penambahan kecepatan setelah fluida gas melewati orifice tersebut, dan hal ini sesuai dengan prinsip *bernouli* yang menyebutkan hubungan antara kecepatan dengan tekanan. Dan *pressure outlet* yang tertinggi pada **gambar 4.4** terjadi ketika *velocity profile* yang di visualisakian memiliki kontur tertinggi yaitu saat terdapat pada kontur warna merah. Berdasarkan simulasi maka ΔP yang terbentuk adalah

$$\Delta P = P_{inlet} - P_{outlet}$$

$$\Delta P = 4.927.655,1 - 4.882.598,5 = 45.056,6 \text{ Pascal}$$

Nilai *prosentase* nilai eror yang dihasilkan antara perhitungan simulasi dengan perhitungan matematis sebesar 1,4%. Dan untuk mengetahui koefisien *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan **persamaan 2.10** adalah sebagai berikut

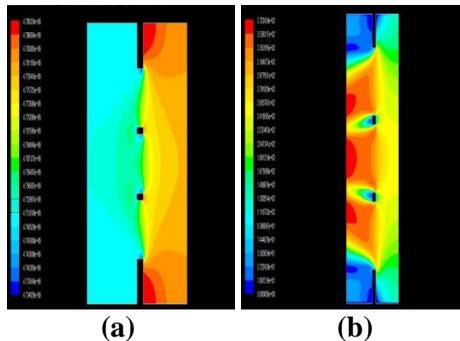
$$\xi = \frac{h_1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{45.056,6}{\frac{1}{2} \cdot 0,67 \times 228,21^2}$$

$$\xi = 2,58$$

4.7 Analisa Pressure Drop Pada Slotted Orifice FE-1602 Variasi 5 Lubang

Pada Pada analisa *pressure drop slotted orifice* FE-1602 variasi 5 lubang akan dijelaskan tentang hubungan antara variasi *plate orifice* dengan *pressure drop* yang terjadi pada orifice. Pada simulasi CFD ini *pressure drop* yang diamati terletak pada titik *inlet* dan outlet sebelum dan sesudah melewati orifice tersebut. Berikut adalah pola *pressure drop* yang terjadi pada *slotted orifice* FE-1602 variasi 5 lubang



Gambar 4.5 (a) Pressure *drop* orifice FE-1602 variasi 5 lubang, (b) Velocity *slotted* orifice FE-1602 variasi 5 lubang

Keterangan :

- Waran biru sampai dengan merah menunjukkan distribusi tekanan dari nilai terendah sampai tertinggi.

Dari **gambar 4.5** memiliki pola yaitu *pressure inlet* memiliki nilai yang lebih besar dari pada *pressure outlet*, hal ini sesuai dengan teori tentang aplikasi dari orifice sendiri yang digunakan untuk menciptakan perbedaan tekanan dari sisi *inlet* dan *outletnya*, *pressure outlet* memiliki distribusi tekanan yang lebih kecil dari pada *pressure inlet* dikarenakan terdapat pertambahan kecepatan setelah fluida gas melewati orifice tersebut, dan hal ini sesuai dengan prinsip *bernouli* yang menyebutkan hubungan antara kecepatan dengan tekanan. Dan *pressure outlet* yang tertinggi pada **gambar 4.5** terjadi ketika *velocity profile* yang di visualisakian memiliki kontur tertinggi yaitu saat terdapat pada kontur warna merah. Hal ini sedikit berbeda dengan profil kecepatan maupun *pressure* pada **gambar 4.4** dikarenakan lubang pada *plate* lebih banyak sehingga dengan aliran fluida yang *turbulent* yang menyebar kesegala arah dapat lebih tertangkap oleh orifice dibandingkan dengan orifice *concentric* FE-1602. Berdasarkan simulasi maka ΔP yang terbentuk adalah

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.927.655,1 - 4.883.331,5 = 44.323,6 \text{ Pascal}$$

Nilai *prosentase* nilai eror yang dihasilkan antara perhitungan simulasi dengan perhitungan matematis sebesar 3,03%. Dan untuk mengetahui koefisien *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan **persamaan 2.10** adalah sebagai berikut

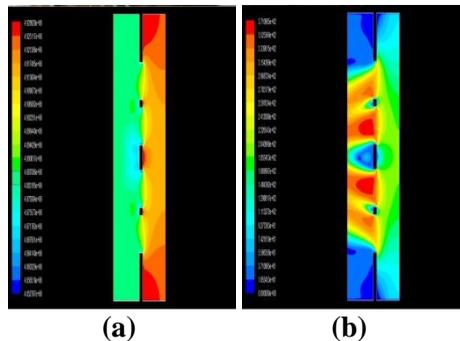
$$\xi = \frac{h_1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{44.323,6}{\frac{1}{2} \cdot 0,67 \times 228,21^2}$$

$$\xi = 2,54$$

4.8 Analisa *Pressure Drop* Pada *Slotted Orifice* FE-1602 Variasi 16 Lubang

Pada Pada analisa *pressure drop slotted orifice* FE-1602 variasi 16 lubang akan dijelaskan tentang hubungan antara variasi *plate orifice* dengan *pressure drop* yang terjadi pada orifice. Pada simulasi CFD ini *pressure drop* yang diamati terletak pada titik *inlet* dan outlet sebelum dan sesudah melewati orifice tersebut. Berikut adalah pola *pressure drop* yang terjadi pada *slotted orifice* FE-1602 variasi 16 lubang



Gambar 4.6 (a) *Pressure drop* orifice FE-1602 variasi 16 lubang, (b) *Velocity* slotted orifice FE-1602 variasi 16 lubang

Keterangan :

- Waran biru sampai dengan merah menunjukkan distribusi tekanan dari nilai terendah sampai tertinggi.

Dari **gambar 4.6** memiliki pola yaitu *pressure inlet* memiliki nilai yang lebih besar dari pada *pressure outlet*, hal ini sesuai dengan teori tentang aplikasi dari orifice sendiri yang digunakan untuk menciptakan perbedaan tekanan dari sisi *inlet* dan *outletnya*, *pressure outlet* memiliki distribusi tekanan yang lebih kecil dari pada *pressure inlet* dikarenakan terdapat pertambahan kecepatan setelah fluida gas melewati orifice tersebut, dan hal ini sesuai dengan prinsip *bernouli* yang menyebutkan hubungan antara kecepatan dengan tekanan. Dan *pressure outlet* yang tertinggi pada **gambar 4.6** terjadi ketika *velocity profile* yang di visualisakan memiliki kontur tertinggi yaitu saat terdapat pada kontur warna merah. Hal ini sedikit berbeda dengan profil kecepatan maupun *pressure* pada **gambar 4.4** maupun **4.5** dikarenakan lubang pada *plate* lebih banyak sehingga dengan aliran fluida yang *turbulent* yang menyebar kesegala arah dapat lebih tertangkap oleh orifice dibandingkan dengan orifice *concentric* FE-1602, semakin banyak lubang pada *plate* di orifice maka semakin pendek juga kecepatan maksimal

yang melewati orifice tersebut. Berdasarkan simulasi maka ΔP yang terbentuk adalah

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.927.655,1 - 4.885.100,5 = 42.554,6 \text{ Pascal}$$

Nilai *prosentase* nilai eror yang dihasilkan antara perhitungan simulasi dengan perhitungan matematis sebesar 6,9%. Dan untuk mengetahui koefisien *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan **persamaan 2.10** adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h_1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{42.554,6}{\frac{1}{2}0,67 \times 228,21^2}$$

$$\xi = 2,43$$

4.9 Perbandingan Orifice Plate Bertipe *Concentric* dan *Slotted*

Perbandingan orifice plate bertipe *concentric* dan *Slotted* didasarkan pada perhitungan ΔP yang telah dilakukan pada sub bab 4, dan nilai dari ΔP tersebut akan di jadikan inputan untuk mendapatkan koefisien *pressure loss* yang terjadi pada masing-masing orifice.

Tabel 4.2 Nilai *Pressure Inlet* dan *Outlet* Masing-Masing Orifice

Orifice Type	P inlet (Pascal)	P outlet (Pascal)	ΔP (Pascal)
<i>Concentric</i> FE-37	4.789.759,95	4.750.225,5	39.534,45
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 5 lubang	4.789.759,95	4.750.905,5	38.854,45
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 16 lubang	4.789.759,95	4.752.137	37.622,95
<i>Concentric</i> FE-1602	4.927.655,1	4.882.598,5	45.056,6
<i>Slotted</i> FE-1602 variasi 5 lubang	4.927.655,1	4.883.331,5	44.323,6
<i>Slotted</i> FE-1602 variasi 16 lubang	4.927.655,1	4.885.100,5	42.554,6

Dari tabel diatas dapat di simpulkan bahwa nilai dari *pressure drop* yang dihasilkan oleh masing-masing orifice memiliki nilai yang berbeda- beda tergantung dari bentuk bore yang digunakan. Nilai *pressure drop* yang dihasilkan paling sedikit adalah dari *slotted* orifice yang memiliki variasi lubang paling banyak , karena seperti pada penjelasan sebelumnya di katakan bahwa *slotted* orifice merupakan suatu orifice yang tidak tergantung pada sisi *upstream* untuk dapat menciptakan perbedaan tekanan , selain itu orifice tersebut juga dapat kembali ke bentuk semula antara *pressure upstream* dan *downstreamnya* sesuai yang ditunjukkan kontur simulasi yang dihasilkan oleh CFD. Dan untuk perhitungan koefisien *pressure loss* akan dijelaskan dibawah ini

Tabel 4.3 Nilai *Koefisien Pressure Loss* Masing-Masing Orifice

Orifice	<i>Koefisien Pressure loss</i> (ξ)
<i>Concentric</i> FE-37	3,54
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 5 lubang	3,48
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 16 lubang	3,37
<i>Concentric</i> FE-1602	2,58
<i>Slotted</i> FE-1602 variasi 5 lubang	2,54
<i>Slotted</i> FE-1602 variasi 16 lubang	2,43

Dari perhitungan koefisien *pressure loss* diatas faktor yang mempengaruhi adalah *pressure drop* yang masing-masing melewati orifice tersebut. Semakin besar nilai *pressure drop* yang dihasilkan maka semakin besar pula koefisien *pressure loss* yang dihasilkan. Sedangkan untuk parameter yang lain merupakan parameter nilai yang tetap untuk ke tiga variasi orifice tersebut. Dan nilai *koefisien pressure loss* sebanding dengan nilai *pressure loss* yang dihasilkan , semakin besar *pressure loss* maka kerugian *cost* yang dihasilkan juga akan semakin banyak. Dari data nilai koefisien *pressure loss* yang paling tinggi dari orifice jenis *concentric* FE-37 dengan nilai *pressure loss* sebesar 3,54 dan yang paling sedikit / baik adalah *slotted* orifice FE-37 dengan variasi 16 lubang yaitu 3,37 . Sedangkan koefisien *pressure loss* yang paling tinggi dari orifice jenis *concentric* FE-1602 dengan nilai *pressure loss* sebesar 2,58 dan yang paling sedikit / baik adalah *slotted* orifice FE-1602 dengan variasi 16 lubang yaitu 2,43.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Nilai *koefisien pressure loss* yang terjadi dari data yang telah di tampilkan dalam bab 4 dapat disimpulkan bahwa:

- Untuk nilai dari orifice *concentric* tipe FE-37 memiliki nilai *koefisien pressure loss* sebesar 3,54 dengan $\Delta P = 39.534,45$ Pascal, untuk variasi 5 lubang *koefisien pressure loss* yang dihasilkan sebesar 3,48 dengan $\Delta P = 38.854,45$ Pascal dan untuk variasi 16 lubang *koefisien pressure loss* yang dihasilkan sebesar 3,37 dengan $\Delta P = 37.622,95$ Pascal
- Untuk orifice tipe FE-1602 , untuk orifice *concentric* memiliki nilai *koefisien pressure loss* sebesar 2,58 dengan $\Delta P = 45.056,6$ Pascal untuk variasi 5 lubang *koefisien pressure loss* yang dihasilkan sebesar 2,54 dengan $\Delta P = 44.323,6$ Pascal, dan untuk variasi 16 lubang *koefisien pressure loss* yang dihasilkan sebesar 2,43 dengan $\Delta P = 42.554,6$ Pascal

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada tugas akhir kali ini adalah mempertimbangkan pada pihak perusahaan untuk mengganti jenis orifice *concentric* dengan *slotted orifice* agar *pressure loss* yang dihasilkan tidak terlalu besar. Perlu dilakukan analisa ulang untuk sambungan yang terdapat pada orifice tersebut apakah menggunakan *flange, pressure taps*, dan *corner taps* agar nilai *P outlet* yang dihasilkan memiliki nilai eror yang lebih kecil dan lebih dapat menangkap *pressure drop* yang terjadi.

Halaman ini memang dikosongkan.

LAMPIRAN A

VARIASI UNTUK ORIFICE TIPE FE37

A. Perhitungan ΔP Orifice Secara Teori

Perhitungan matematis ΔP orifice secara teori ini berdasarkan pada persamaan 2.1, dimana perhitungan ini akan dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui nilai eror yang dihasilkan oleh CFD.

- **Orifice Concentric dan Slotted FE-37**

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho v^2 K$$

Nilai dari K adalah

$$k = \frac{(1 - \beta^2)}{\beta^2}$$

$$k = \frac{(1 - 0.4715^2)}{0.4715^2}$$

$$k = 3.46$$

Maka perbedaan tekanan *inlet* dan *outlet* yang dihasilkan adalah

$$\Delta P = \frac{1}{2} 0,67 \times 182,45^2 \times 3.46$$

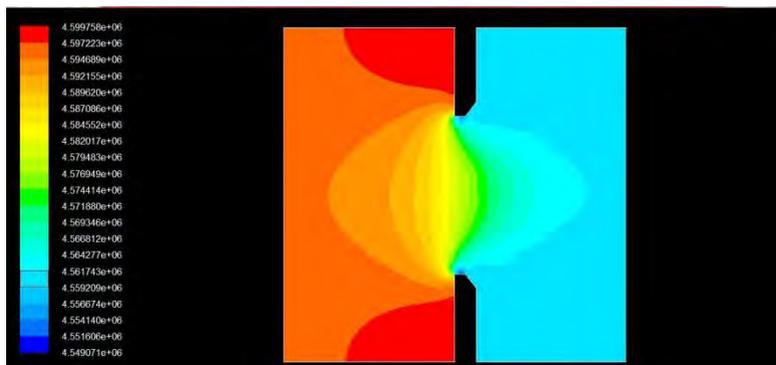
$$\Delta P = 38.584,1237 \text{ Pascal}$$

- **Variasi Pressure Inlet Untuk Orifice Concentric dan Slotted FE-37**

Variasi ini digunakan untuk mengetahui apakah dengan *pressure inlet* yang berbeda pada data proses yang terdapat pada PT.Vico Indonesia, kontur dari ΔP yang dihasilkan oleh masing-masing tipe orifice yang di dapatkan dari CFD, memiliki kontur yang

sama seperti pada kontur yang sesuai dengan data proses PT.Vico Indonesia. Disini di varasikan *pressure inlet* yang melewati orifice antara lain dengan *P_{inlet}* sebesar : 4.600.000, 4.700.00, dan 4.800.000

- Orifice *Concentric* Dengan *P_{Inlet}* 4.600.000



Berdasarkan gambar diatas maka dikethui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P_{inlet} - P_{outlet}$$

$$\Delta P = 4.600.000 - 4.561.415,876 = 39.524 \text{ Pascal}$$

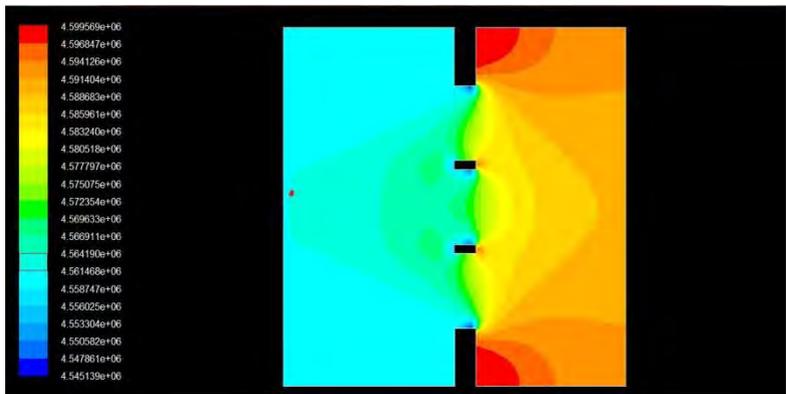
Dan untuk mengatahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{39.524}{\frac{1}{2}0,67 \times 182,45^2}$$

$$\xi = 3,54$$

- Orifice *Slotted* Variasi 5 lubang Dengan P Inlet 4.600.000



Berdasarkan gambar diatas maka dikethui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.600.000 - 4.562.829 = 37.171 \text{ Pascal}$$

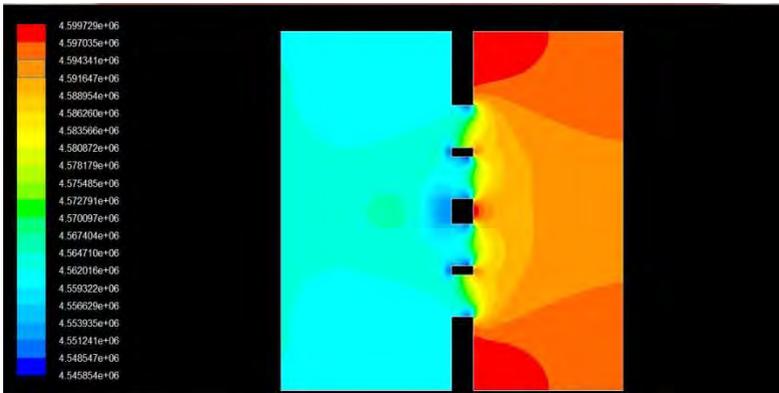
Nilai Dan untuk mengetahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2} \rho v^2}$$

$$\xi = \frac{37.171}{\frac{1}{2} 0,67 \times 182,45^2}$$

$$\xi = 3,31$$

- Orifice *Slotted* Variasi 16 lubang Dengan P *Inlet* 4.600.000



Berdasarkan gambar diatas maka dikethui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.600.000 - 4.563.363 = 36.637 \text{ Pascal}$$

Nilai Dan untuk mengetahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

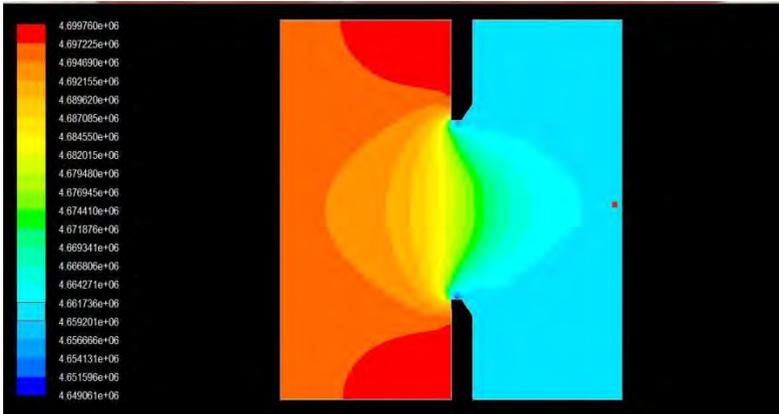
$$\xi = \frac{36.637}{\frac{1}{2}0,67 \times 182,45^2}$$

$$\xi = 3,28$$

Dan tabel perbandingan antara ΔP dan koefisien *pressure loss* dengan *pressure inlet* sebesar 4.600.000 ditunjukkan seperti tabel berikut

Orifice Tipe	P inlet (Pascal)	P outlet (Pascal)	ΔP (Pascal)	Koefisien Pressure loss (ξ)
<i>Concentric</i> FE-37	4.600.000	4.561.415,876	39.524	3,54
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 5 lubang	4.600.000	4.562.829	37.171	3,31
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 16 lubang	4.600.000	4.563.363	36.637	3,28

- Orifice Concentric Dengan P Inlet 4.700.000



Berdasarkan gambar diatas maka dikethui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.700.000 - 4.660.468,5 = 39.531,5 \text{ Pascal}$$

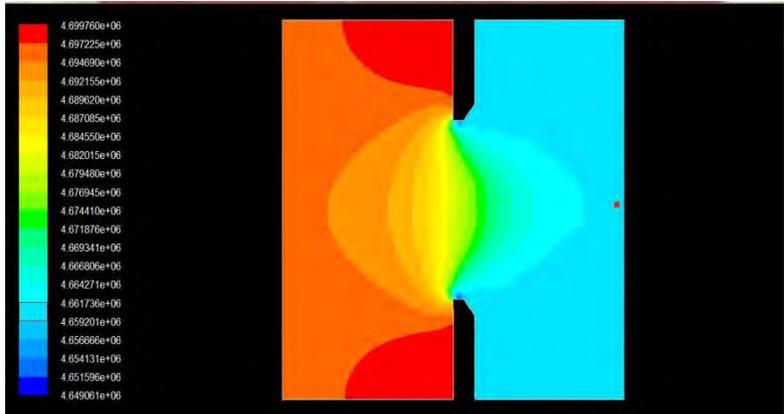
Dan untuk mengetahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h_1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{39.531,5}{\frac{1}{2}0,67 \times 182,45^2}$$

$$\xi = 3,54$$

- Orifice *Slotted* Variasi 5 lubang Dengan P *Inlet* 4.700.000



Berdasarkan gambar diatas maka diketahui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.700.000 - 4.662.838 = 37.162 \text{ Pascal}$$

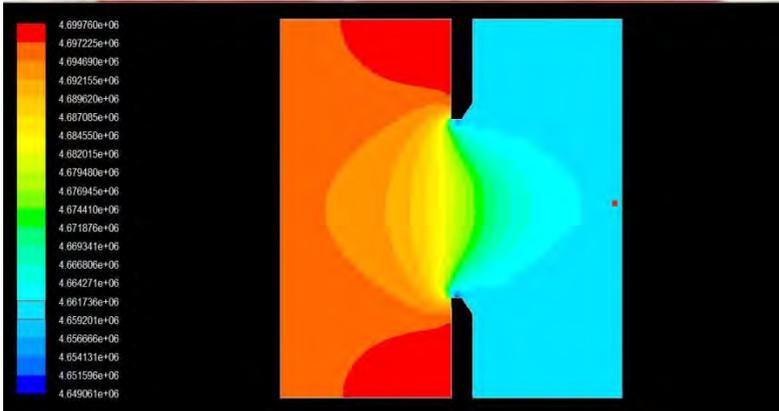
Dan untuk mengetahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}pv^2}$$

$$\xi = \frac{37.162}{\frac{1}{2}0,67 \times 182,45^2}$$

$$\xi = 3,32$$

- Orifice *Slotted* Variasi 16 lubang Dengan P *Inlet* 4.700.000



Berdasarkan gambar diatas maka dikethui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.700.000 - 4.663.356 = 36.644 \text{ Pascal}$$

Dan untuk mengatahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

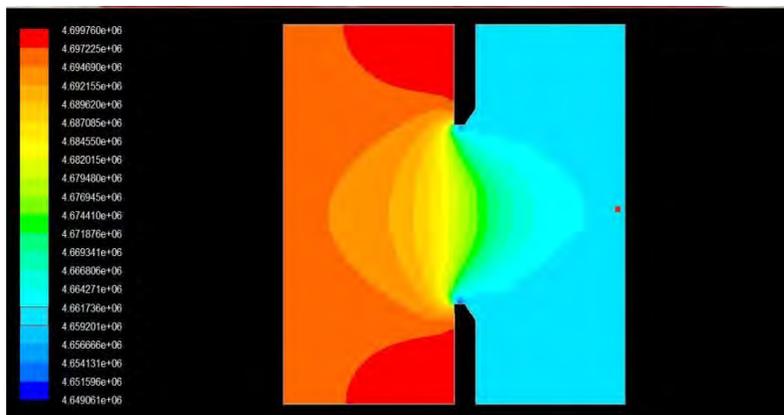
$$\xi = \frac{36.644}{\frac{1}{2}0,67 \times 182,45^2}$$

$$\xi = 3,28$$

Dan tabel perbandingan antara ΔP dan koefisien *pressure loss* dengan *pressure inlet* sebesar 4.700.000 ditunjukkan seperti tabel berikut

Orifice Tipe	P inlet (Pascal)	P outlet (Pascal)	ΔP (Pascal)	Koefisien Pressure loss (ξ)
<i>Concentric</i> FE-37	4.700.000	4.660.468,5	39.531,5	3,54
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 5 lubang	4.700.000	4.662.838	37.162	3,32
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 16 lubang	4.700.000	4.663.356	36.644	3,28

- Orifice *Concentric* Dengan P Inlet 4.800.000



Berdasarkan gambar diatas maka dikethui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.800.000 - 4.760.461 = 39.539 \text{ Pascal}$$

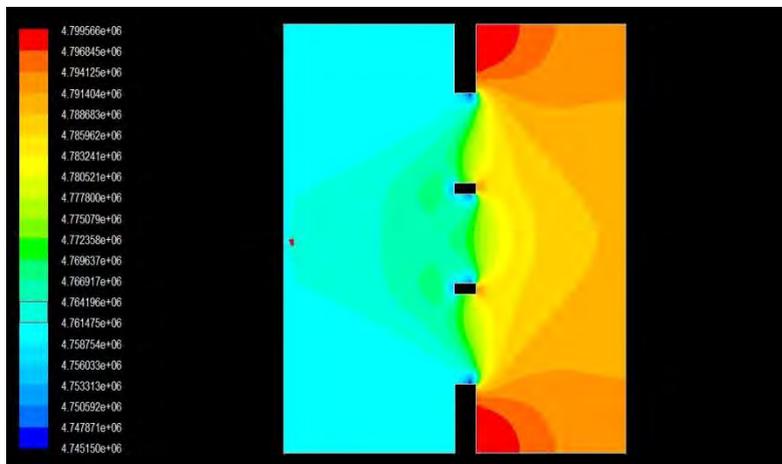
Dan untuk mengatahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2} \rho v^2}$$

$$\xi = \frac{39.539}{\frac{1}{2} 0,67 \times 182,45^2}$$

$$\xi = 3,54$$

- Orifice Slotted Variasi 5 lubang Dengan P Inlet 4.800.000



Berdasarkan gambar diatas maka dikethui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P_{inlet} - P_{outlet}$$

$$\Delta P = 4.800.000 - 4.762.835 = 37.164,5 \text{ Pascal}$$

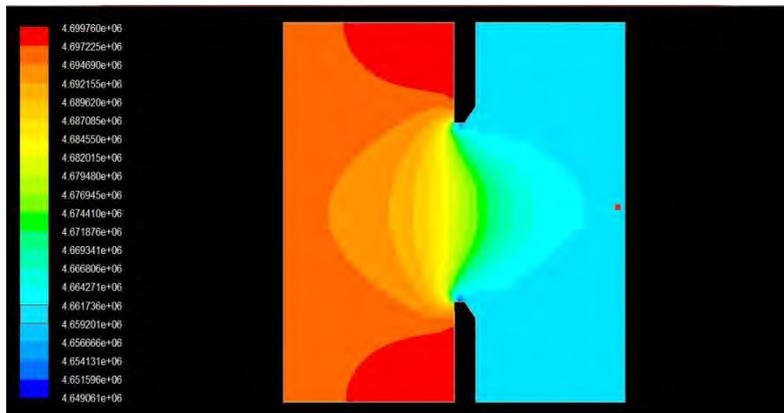
Dan untuk mengetahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{37.164,5}{\frac{1}{2}0,67 \times 182,45^2}$$

$$\xi = 3,33$$

- Orifice *Slotted* Variasi 16 lubang Dengan P *Inlet* 4.800.000



Berdasarkan gambar diatas maka dikethui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.800.000 - 4.763.345 = 36.654,5 \text{ Pascal}$$

Dan untuk mengatahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2} \rho v^2}$$

$$\xi = \frac{36.654,5}{\frac{1}{2} 0,67 \times 182,45^2}$$
$$\xi = 3,28$$

Dan tabel perbandingan antara ΔP dan kofisen *pressure loss* dengan *pressure inlet* sebesar 4.800.000 ditunjukkan seperti tabel berikut

Orifice Tipe	P inlet (Pascal)	P outlet (Pascal)	ΔP (Pascal)	<i>Koefisien Pressure loss (ξ)</i>
<i>Concentric</i> FE-37	4.800.000	44.760.461	39.539	3,54
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 5 lubang	4.800.000	4.762.835	37.164,5	3,33
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 16 lubang	4.800.000	4.763.345	36.654.5	3,28

LAMPIRAN B

VARIASI UNTUK ORIFICE TIPE FE1602

B. Perhitungan ΔP Orifice Secara Teori

Perhitungan matematis ΔP orifice secara teori ini berdasarkan pada persamaan 2.1, dimana perhitungan ini akan dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui nilai eror yang dihasilkan oleh CFD.

- **Orifice *Concentric* dan *Slotted* FE-1602**

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho v^2 K$$

Nilai dari K adalah

$$k = \frac{(1 - \beta^2)}{\beta^2}$$

$$k = \frac{(1 - 0.525^2)}{0.525^2}$$

$$k = 2.62$$

Maka perbedaan tekanan *inlet* dan *outlet* yang dihasilkan adalah

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho v^2 K = \frac{1}{2} \times 1000 \times 228,21^2 \times 2,62$$

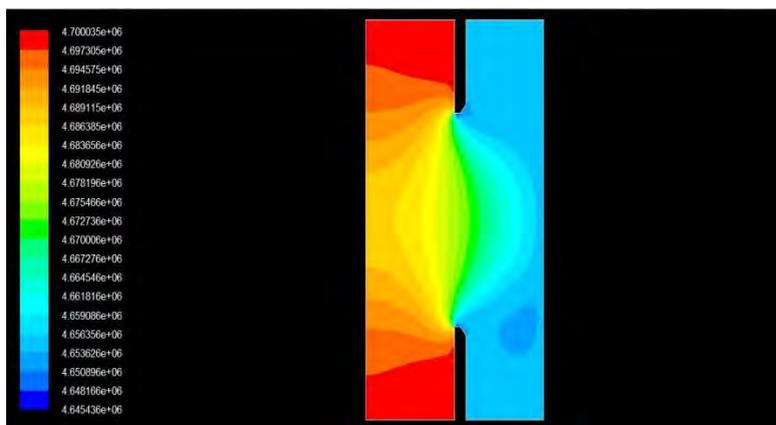
$$\Delta P = 45.710,44 \text{ Pascal}$$

- **Variasi *Pressure Inlet* Untuk Orifice *Concentric* dan *Slotted* FE-1602**

Variasi ini digunakan untuk mengetahui apakah dengan *pressure inlet* yang berbeda pada data proses yang terdapat pada PT.Vico Indonesia, kontur dari ΔP yang dihasilkan oleh masing-masing tipe orifice yang di dapatkan dari CFD, memiliki kontur yang

sama seperti pada kontur yang sesuai dengan data proses PT.Vico Indonesia. Disini di varasikan *pressure inlet* yang melewati orifice antara lain dengan *P_{inlet}* sebesar : 4.700.000, 4.800.00, dan 4.900.000

- Orifice *Concentric* Dengan *P_{Inlet}* 4.700.000



Berdasarkan gambar diatas maka dikethui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P_{inlet} - P_{outlet}$$

$$\Delta P = 4.700.000 - 4.654.991 = 45.009 \text{ Pascal}$$

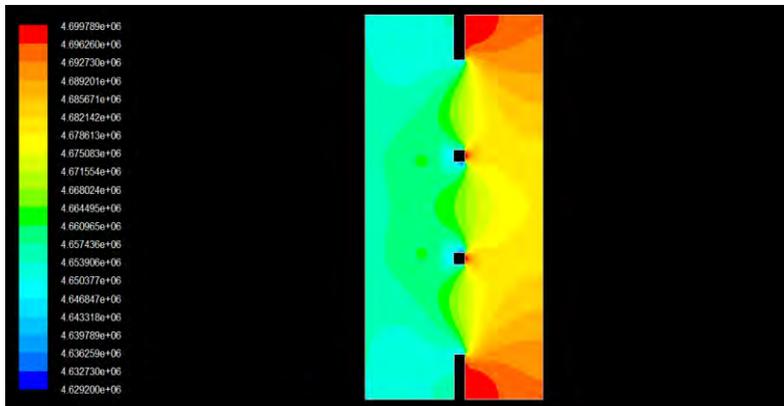
Dan untuk mengetahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{45.009}{\frac{1}{2}0,67 \times 228.21^2}$$

$$\xi = 2,57$$

- Orifice *Slotted* Variasi 5 Dengan P Inlet 4.700.000



Berdasarkan gambar diatas maka diketahui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.700.000 - 4.655.671 = 44.329 \text{ Pascal}$$

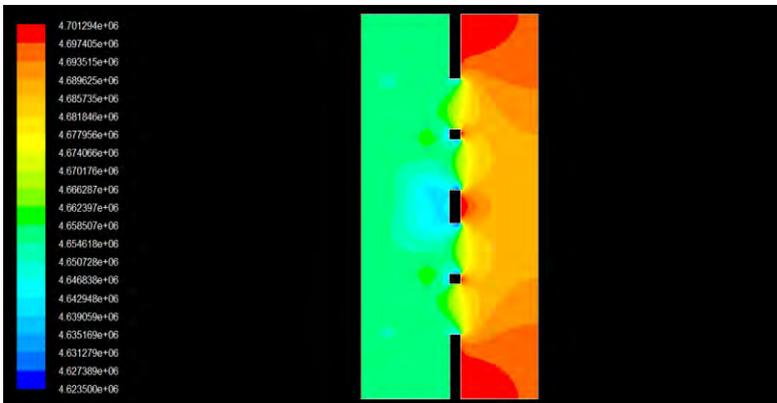
Dan untuk mengetahui koefisien *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2} \rho v^2}$$

$$\xi = \frac{44.329}{\frac{1}{2} 0,67 \times 228.21^2}$$

$$\xi = 2,54$$

- Orifice Slotted Variasi 16 Dengan P Inlet 4.700.000



Berdasarkan gambar diatas maka dikethui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.700.000 - 4.656.562,5 = 43.437,5 \text{ Pascal}$$

Dan untuk mengetahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

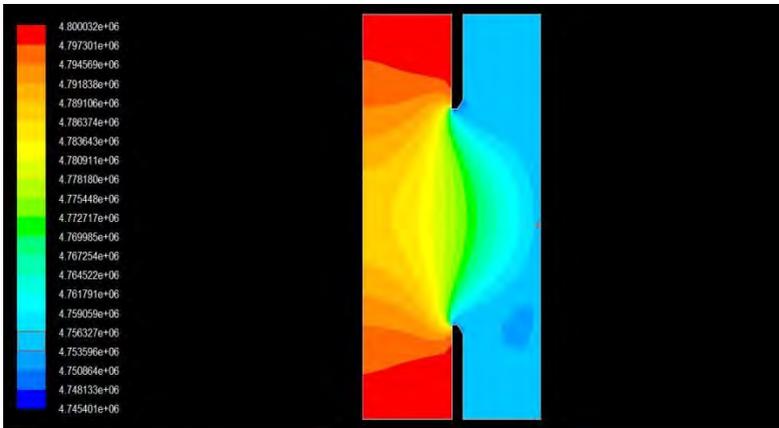
$$\xi = \frac{43.437,5}{\frac{1}{2}0,67 \times 228.21^2}$$

$$\xi = 2,48$$

Dan tabel perbandingan antara ΔP dan koefisien *pressure loss* dengan *pressure inlet* sebesar 4.700.000 ditunjukkan seperti tabel berikut

Orifice Tipe	P inlet (Pascal)	P outlet (Pascal)	ΔP (Pascal)	<i>Koefisien Pressure loss</i> (ξ)
<i>Concentric</i> FE-1602	4.700.000	4.654.991	45.009	2,57
<i>Slotted</i> FE-1602 variasi 5 lubang	4.700.000	4.655.671	44.329	2,54
<i>Slotted</i> FE-1602 variasi 16 lubang	4.700.000	4.656.562,5	43.437,5	2,48

- Orifice *Concentric* Dengan P *Inlet* 4.800.000



Berdasarkan gambar diatas maka diketahui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P_{inlet} - P_{outlet}$$

$$\Delta P = 4.800.000 - 4.754.961,5 = 45.038,5 \text{ Pascal}$$

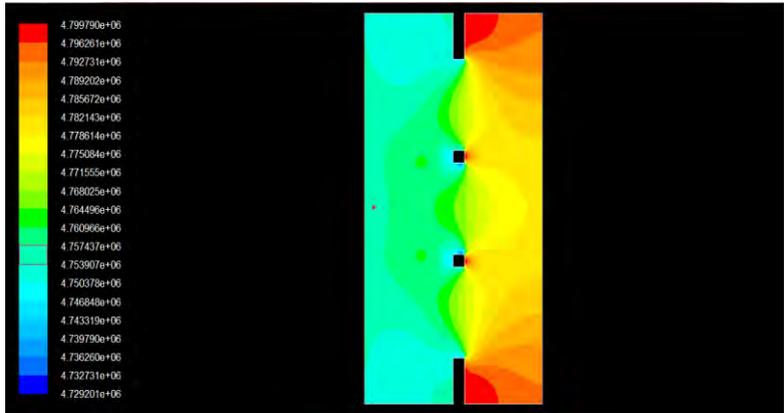
Dan untuk mengetahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h_1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{45.038,5}{\frac{1}{2} \cdot 0,67 \times 228.21^2}$$

$$\xi = 2,58$$

- Orifice *Slotted* Variasi 5 lubang Dengan P *Inlet* 4.800.000



Berdasarkan gambar diatas maka diketahui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.800.000 - 4.755.672 = 44.328 \text{ Pascal}$$

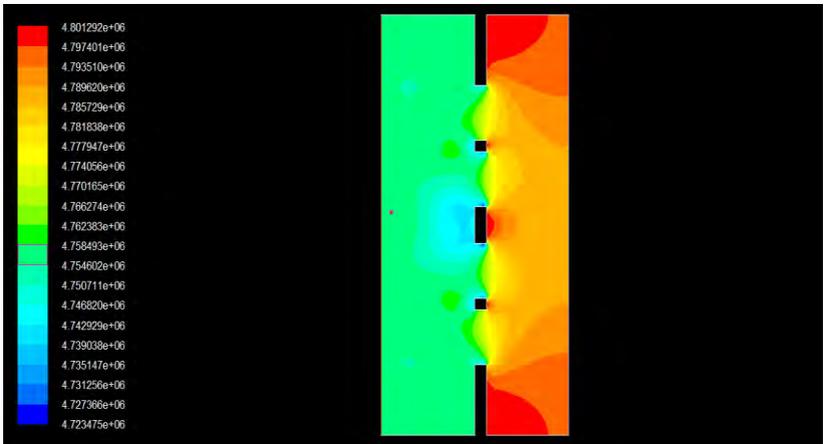
Dan untuk mengetahui koefisien *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h_1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2} \rho v^2}$$

$$\xi = \frac{44.328}{\frac{1}{2} 0,67 \times 228.21^2}$$

$$\xi = 2,54$$

- Orifice *Slotted* Variasi 16 lubang Dengan P *Inlet* 4.800.000



Berdasarkan gambar diatas maka dikethui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.700.000 - 4.756.547,5 = 43.452,5 \text{ Pascal}$$

Dan untuk mengatahui kofisen *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

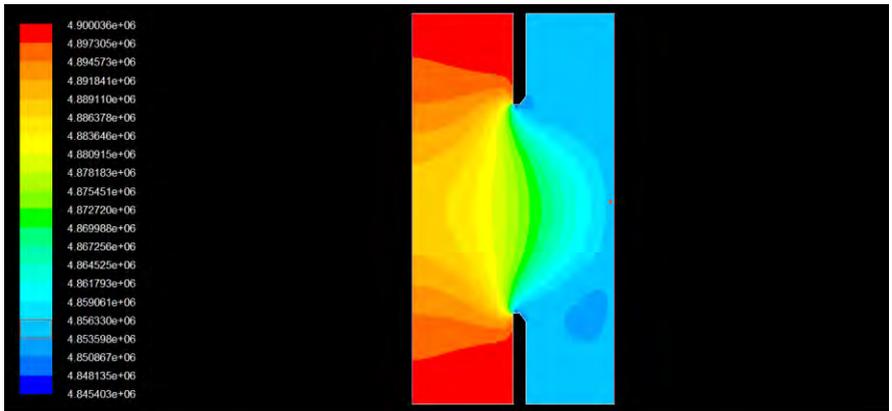
$$\xi = \frac{43.452,5}{\frac{1}{2}0,67 \times 182,45^2}$$

$$\xi = 2,49$$

Dan tabel perbandingan antara ΔP dan kofisen *pressure loss* dengan *pressure inlet* sebesar 4.800.000 ditunjukkan seperti tabel berikut

Orifice Tipe	P inlet (Pascal)	P outlet (Pascal)	ΔP (Pascal)	Koefisien Pressure loss (ξ)
<i>Concentric</i> FE-37	4.800.000	4.754.961,5	45.038,5	2,58
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 5 lubang	4.800.000	4.755.672	44.328	2,54
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 16 lubang	4.800.000	4.756.547,5	43.452,5	2,49

- Orifice *Concentric* Dengan P Inlet 4.900.000



Berdasarkan gambar diatas maka diketahui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.900.000 - 4.854.964 = 45.036 \text{ Pascal}$$

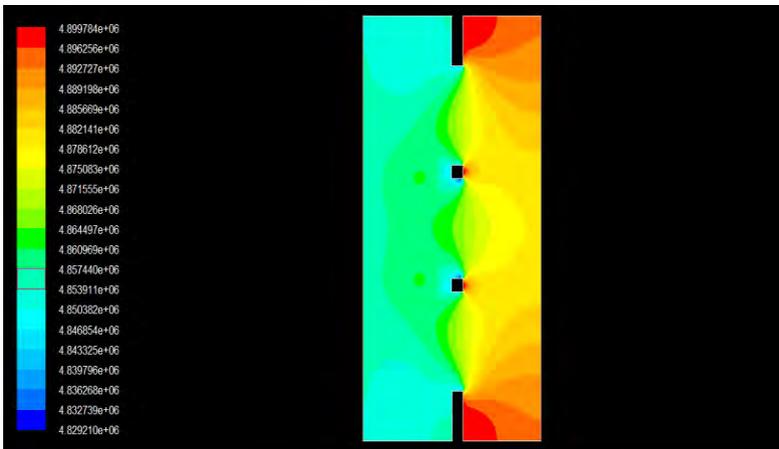
Dan untuk mengetahui koefisien *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{45.036}{\frac{1}{2}0,67 \times 228,21^2}$$

$$\xi = 2,58$$

- Orifice Slotted Variasi 5 lubang Dengan P Inlet 4.900.000



Berdasarkan gambar diatas maka diketahui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P \text{ inlet} - P \text{ outlet}$$

$$\Delta P = 4.900.000 - 4.855.675,5 = 44.324,5 \text{ Pascal}$$

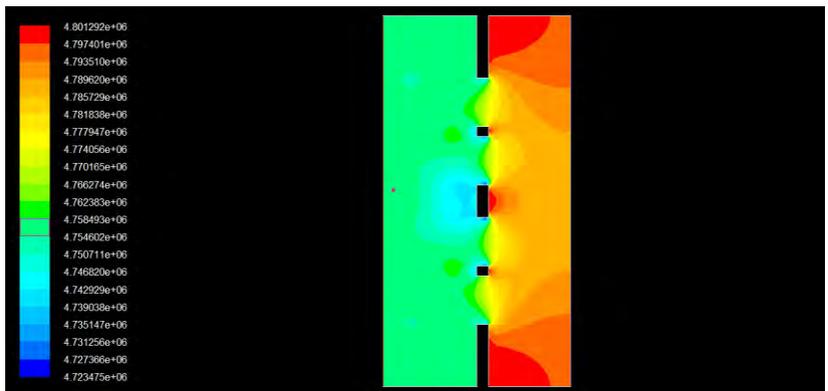
Dan untuk mengetahui koefisien *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h_1}{\frac{v^2}{2g}} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{44.324,5}{\frac{1}{2} \cdot 0,67 \times 228,21^2}$$

$$\xi = 2,54$$

- Orifice *Slotted* Variasi 16 lubang Dengan P *Inlet* 4.800.000



Berdasarkan gambar diatas maka diketahui nilai dari ΔP yang terjadi sebesar

$$\Delta P = P_{inlet} - P_{outlet}$$

$$\Delta P = 4.900.000 - 4.856.476 = 43.524 \text{ Pascal}$$

Dan untuk mengetahui koefisien *pressure loss* yang terjadi sesuai dengan adalah sebagai berikut

$$\xi = \frac{h_1}{v^2/2g} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

$$\xi = \frac{43.524}{\frac{1}{2}0,67 \times 228,21^2}$$

$$\xi = 2,49$$

Dan tabel perbandingan antara ΔP dan koefisien *pressure loss* dengan *pressure inlet* sebesar 4.900.000 ditunjukkan seperti tabel berikut

Orifice Tipe	P inlet (Pascal)	P outlet (Pascal)	ΔP (Pascal)	Koefisien Pressure loss (ξ)
<i>Concentric</i> FE-37	4.900.000	4.854.964	45.036	2,58
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 5 lubang	4.900.000	4.855.675,5	44.324,5	2,54
<i>Slotted</i> FE-37 variasi 16 lubang	4.900.000	4.856.476	43.524	2,49

