

# ANALISIS KOMPUTASIONAL DINAMIKA FLUIDA PADA PIPA HORIZONTAL PNEUMATIK KONVEYOR DENGAN VARIASI PARTIKEL

Sakal Hanov Dulvin Sinaga<sup>1</sup>, Asral<sup>2</sup>

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

<sup>1</sup>sakalsinaga25@gmail.com, <sup>2</sup>asral\_2008@yahoo.com

## Abstract

*The conveying process of solid particles with air as a medium transport is commonly found in industries. Phenomenon that occurs and must be calculated appropriately is the pressure drop on pneumatic conveyor pipeline. Computational Fluid Dynamics is a system analysis that used to predict fluid flow. The pressure drop that occurs in horizontal pipeline with a length of 2 m, an inner diameter of 80 mm and a thickness of 4 mm is simulated with Euler-euler model. Pressure drop characteristics to particle mass flow rate, particle concentration, particle diameter and air velocity was investigated. The simulation was performed using Fluent 14.5. The results indicated that with the increase of mass flow rate of particles, particle diameter and air flow rate, the pressure drop will increase. Particle concentration does not have a considerable influence in the pressure drop on horizontal pipeline.*

**Keywords :** CFD, particles, pressure drop

## 1. Pendahuluan

Proses pengangkutan partikel padat dengan menggunakan udara sebagai media angkut (*pneumatic conveying*) banyak dijumpai di industri dimana desain dari *blower* (atau *compressor*) perlu dilakukan secara akurat untuk mendapatkan perhitungan penurunan tekanan dan laju aliran udara yang dibutuhkan dalam aliran pipa [1]. Permasalahan ini menimbulkan efek yang merugikan terhadap unjuk kerja sistem. Umur sistem menjadi lebih pendek dan gesekan mengakibatkan kehilangan energi dari sistem. Selain itu partikel padat cenderung terkonsentrasi pada dasar saluran dan dapat menghambat proses pengangkutan..

Dalam penelitian terdahulu dilakukan uji eksperimental untuk mengetahui karakteristik penurunan tekanan terhadap laju aliran massa partikel padat, konsentrasi partikel padat dan laju aliran dengan memvariasikan temperatur aliran. Didapati bahwa laju aliran massa partikel padat, konsentrasi partikel padat, laju aliran dan temperatur aliran mempunyai pengaruh dalam penurunan tekanan yang terjadi didalam saluran pipa pneumatik konveyor [2].

Pendekatan Euler-euler dengan kaji numerik digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh Ma [3] untuk mengetahui berbagai faktor yang mempengaruhi penurunan tekanan. Dalam penelitian tersebut didapati salah satu parameter yang mempengaruhi penurunan tekanan adalah ukuran partikel dan densitas partikel yang diangkut dengan menggunakan pneumatik konveyor.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik penurunan tekanan terhadap laju aliran massa partikel, konsentrasi partikel, diameter partikel dan laju aliran udara menggunakan simulasi CFD.

Penggunaan CFD telah banyak diterapkan karena mampu mengatasi geometri yang lebih kompleks dan relevan dengan semua detailnya, serta efisien dalam proses simulasi, penambahan pemodelan turbulen, mengetahui parameter-parameter yang berpengaruh dan melihat fenomena-fenomena fisika yang terjadi [4]. Penelitian ini menggunakan pendekatan Euler-euler dan berfokus pada sistem pengangkutan *dilute phase*.

## 2. Metode

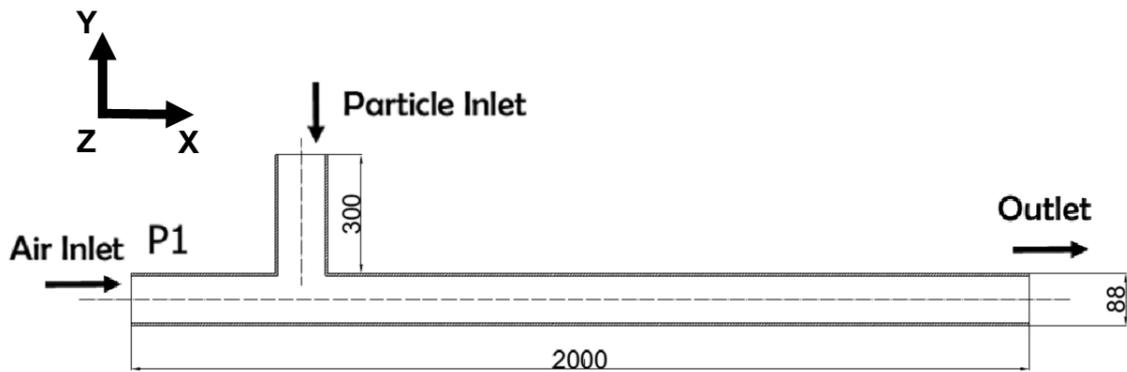
### 2.1 Model Simulasi

Pendekatan Euler-euler digunakan pada model aliran gas-zat padat yang melewati aliran pipa horizontal. Model dari aliran gas-zat padat dibuat menggunakan aplikasi CFD ANSYS Fluent 14.5, yang menyelesaikan persamaan konservasi menggunakan metode numerikal *finite-volume*. Fluent menyediakan tiga model *turbulence multiphase*: model *mixture turbulence*, model *dispersed turbulence*, dan model *turbulence per-phase*.

Model yang digunakan pada penelitian ini adalah model *dispersed turbulence*. Model ini digunakan karena model *dispersed turbulence* paling tepat digunakan pada aliran *dilute phase*, dimana tabrakan antar partikel diabaikan dan fraksi volume padat yang kecil [5]. Energi kinetik turbulen dan energi disipasi dihitung menggunakan model k-ε standar. Model k-ε standar digunakan dalam simulasi ini karena aliran yang terjadi didalam pipa adalah aliran turbulen sempurna tanpa ada jenis aliran lainnya [6].

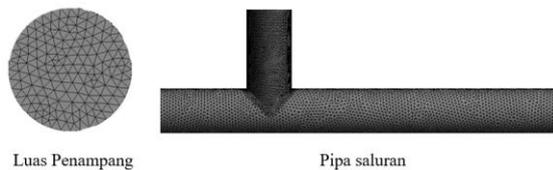
### 2.2 Geometri dan *meshing*

Geometri domain diperlihatkan pada Gambar 1. Dimana panjang pipa adalah 2000 mm, dengan diameter dalam 80 mm dan ketebalannya 4 mm.



Gambar 1. Skema aliran pipa horizontal

*Meshing* pada pipa horizontal dibagi dalam 111.201 *nodes* dan 585.485 *elements*. *Meshing* pada pipa horizontal dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Meshing* pada pipa horizontal

### 2.3 Boundary Conditions

Dalam pemilihan *boundary conditions* harus dilakukan dengan teliti agar proses simulasi bisa berjalan dengan baik. Faktor-faktor simulasi dan *boundary conditions* yang dipilih dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Faktor-faktor simulasi

Factors	Standards
Solver type	Pressure based
Velocity Formulation	Absolute
Time	Steady
Multiphase	Eulerian
Turbulent Model	Standard k- model
Near wall treatment	Standard wall function
Turbulent multiphase model	Dispersed
Pressure Velocity Coupling	Phase coupled simple
Turbulent intensity, %	5
Roughness constant	0,5
Hydraulic Diameter	Sama dengan diameter pipa
Operating Temperature, K	300
Nodes	111.201
Element	585485

Tabel 2 *Computational boundary conditions*

Operating Temperature	300 K
Turbulence intensity	5%
Hydraulic Diameter	Sama dengan diameter pipa
Wall Roughness Height	0 $\mu\text{m}$
Mean Particle Size	14,7 $\mu\text{m}$
Solids Density	1.550 $\text{kg/m}^3$
Acceleration of gravity in y direction	9,81 $\text{m/s}^2$
Gauge Pressure P1	2,6 kPa
Operating Pressure	101,3 kPa
Velocity of air	14 m/s

Dalam penelitian ini dilakukan empat kali simulasi dengan masing-masing mempunyai parameter yang divariasikan. Parameter yang divariasikan dapat dilihat pada Tabel 3.

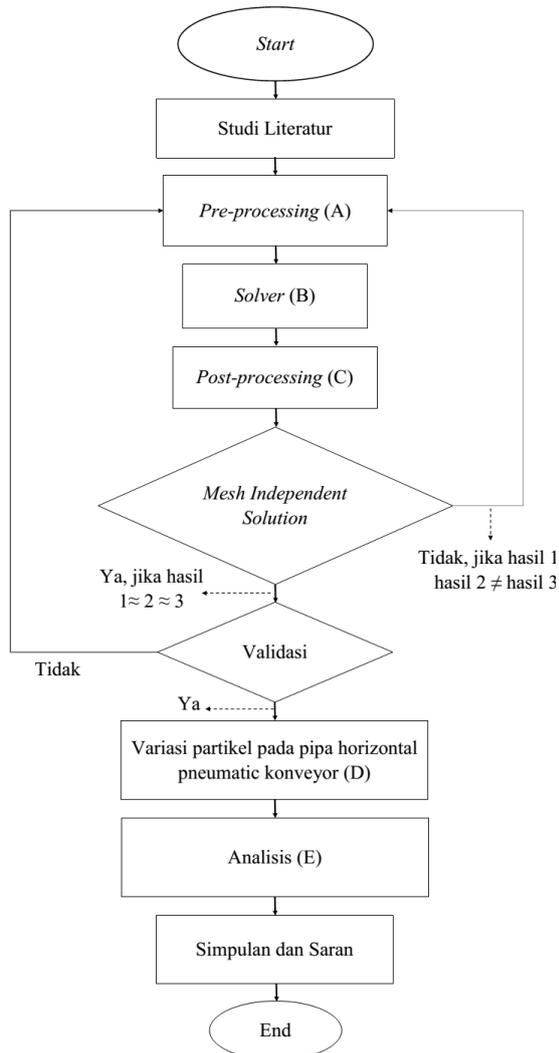
Tabel 3 Parameter yang divariasikan

Simulasi	Parameter yang divariasikan				
Laju aliran massa partikel padat (g/s)	2	3	4	6	8
Konsentrasi partikel padat	0,033	0,053	0,07	0,1	0,15
Diameter Partikel ( $\mu\text{m}$ )	14,7	76,7	150	260	378
Kecepatan Udara (m/s)	14	16	18	20	22

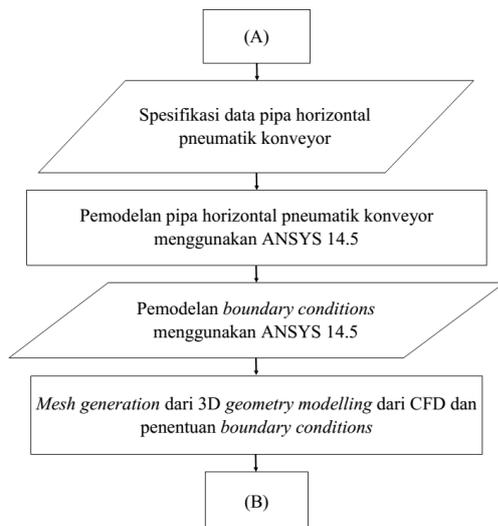
### 2.4 Diagram alir pelaksanaan penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tahap yang dilakukan. Tahap pelaksanaan penelitian dari awal sampai selesai dapat dilihat pada Gambar 3. *Pre-processing* adalah proses awal untuk menentukan *meshing* dan geometri dari simulasi yang akan dilakukan. Diagram alir *pre-processing* dapat dilihat pada Gambar 4. Parameter yang diubah dalam simulasi dilakukan dalam proses *solver*, dan salah satu parameter yang divariasikan adalah diameter

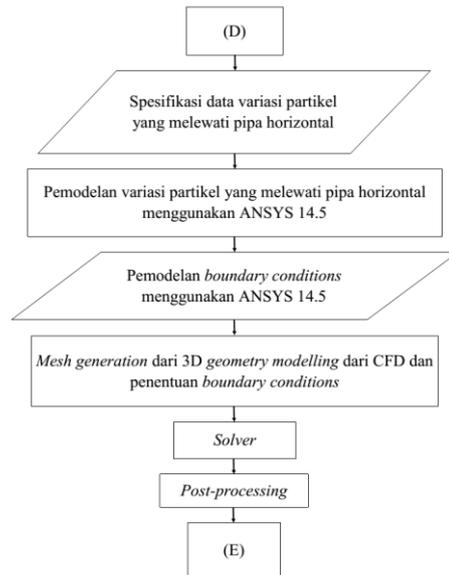
partikel. Diagram alir dari variasi partikel dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3. Diagram alir metodologi penelitian



Gambar 4. Diagram alir pre-processing



Gambar 5. Diagram alir variasi partikel

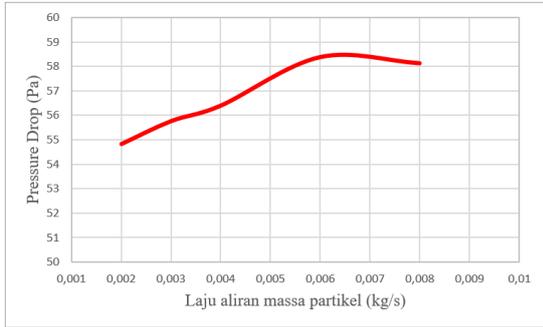
### 3. Hasil

Dari simulasi yang sudah dilakukan maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.

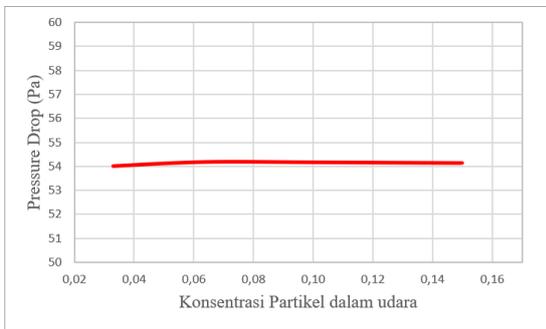
Tabel 4 Data penurunan tekanan pada pipa horizontal

Laju aliran massa partikel (kg/s)	Pressure Drop (Pa)
0,002	54,83047
0,003	55,76835
0,004	56,40271
0,006	58,38848
0,008	58,13706
Konsentrasi Partikel Padat	Pressure Drop (Pa)
0,03300	54,00484
0,05300	54,13096
0,07000	54,18262
0,10000	54,16225
0,15000	54,13102
Diameter Partikel (µm)	Pressure drop (Pa)
14,7	54,83047
76,7	55,24419
150	56,34280
260	54,61313
378	54,36074
Kecepatan Udara (m/s)	Pressure drop (Pa)
14	53,98431
16	67,72473
18	81,63415
20	97,28438
22	115,55972

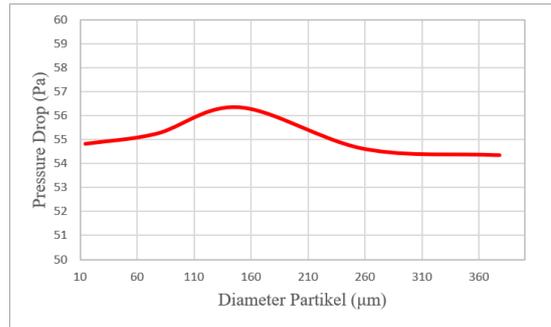
Sementara hasil simulasi untuk berbagai karakteristik aliran dapat dilihat pada Gambar 6 sampai Gambar 9.



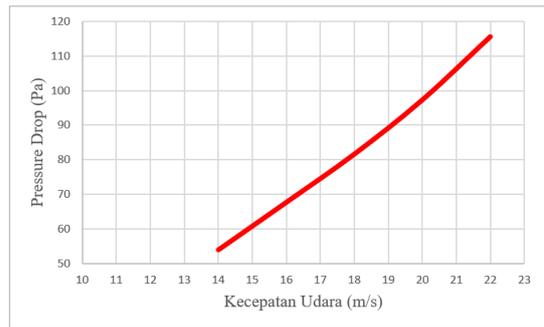
Gambar 6. Karakteristik penurunan tekanan terhadap laju aliran massa partikel



Gambar 7. Karakteristik penurunan tekanan terhadap konsentrasi partikel dalam udara

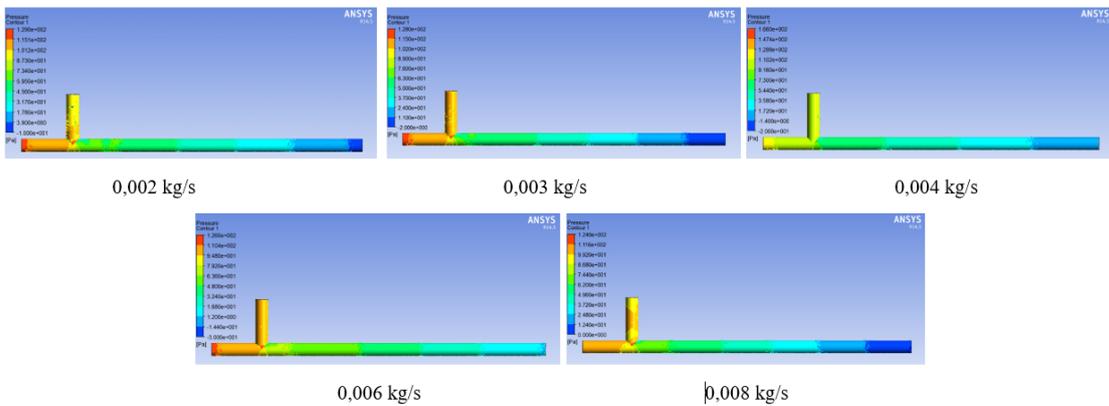


Gambar 8. Karakteristik penurunan tekanan terhadap diameter partikel

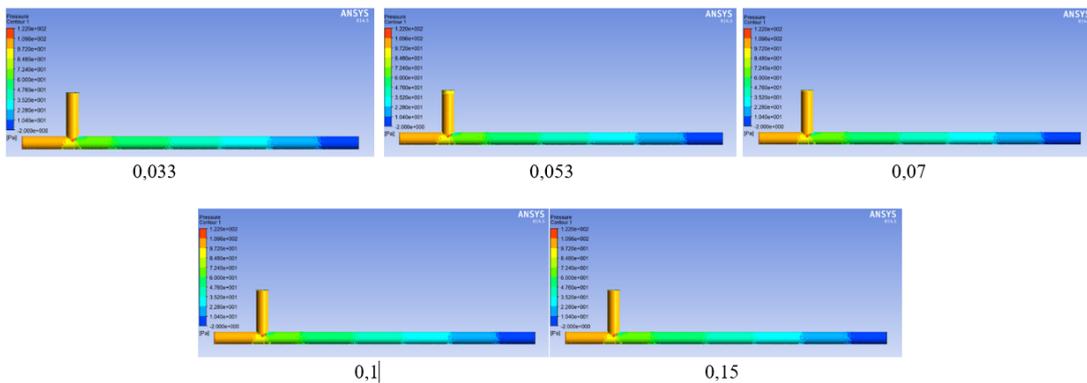


Gambar 9. Karakteristik penurunan tekanan terhadap kecepatan udara

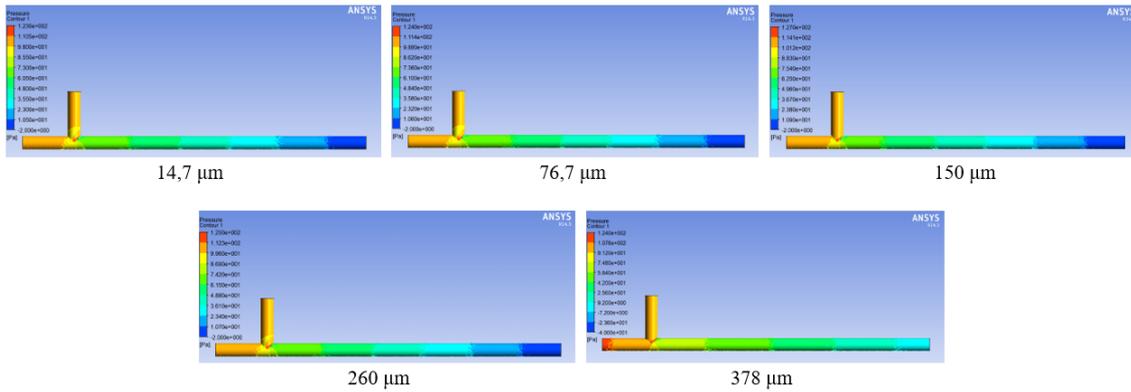
Selanjutnya pola aliran yang terjadi dalam saluran pipa dapat dilihat pada Gambar 10 sampai Gambar 13.



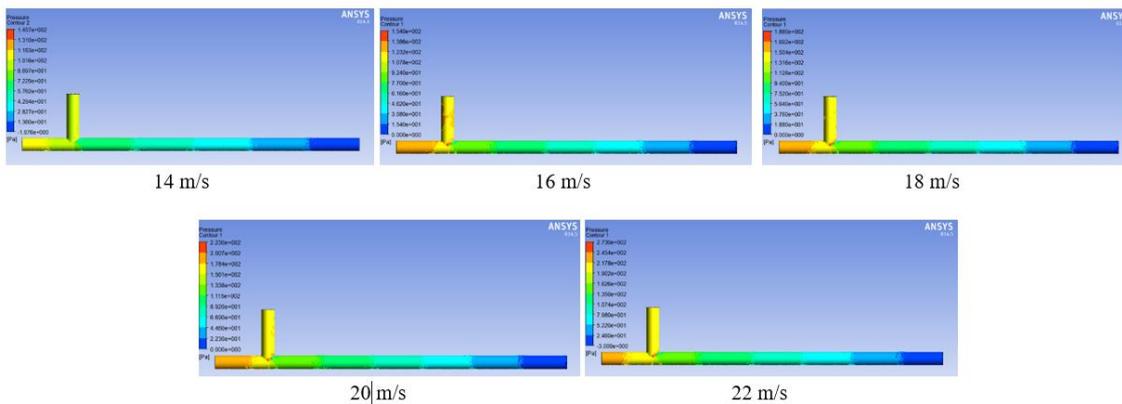
Gambar 10. Contour tekanan dengan variasi laju aliran massa partikel



Gambar 11. Contour tekanan dengan variasi konsentrasi partikel



Gambar 12. *Contour* tekanan dengan variasi diameter partikel



Gambar 13. *Contour* tekanan dengan variasi kecepatan udara

#### 4. Pembahasan

Dari Gambar 6 dapat dilihat karakteristik penurunan tekanan terhadap laju aliran massa partikel. Laju aliran massa partikel divariasikan dari 0,002 kg/s sampai 0,008 kg/s. Dapat dilihat dari awal laju aliran massa partikel 0,002 kg/s sampai 0,008 kg/s penurunan tekanan menjadi semakin besar

Dari Gambar 7 dapat dilihat karakteristik penurunan tekanan terhadap konsentrasi partikel dalam udara. konsentrasi partikel dalam udara divariasikan dari 0,033 sampai 0,15. Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa penurunan tekanan tetap konstan sepanjang variasi konsentrasi partikel dalam udara.

Dalam Gambar 8 dapat dilihat bagaimana karakteristik penurunan tekanan terhadap diameter partikel. Diameter partikel merupakan parameter penting dalam konservasi persamaan momentum yang dimana berhubungan dengan semua variabel dan model. Diameter partikel divariasikan dari 14,7  $\mu\text{m}$  (*flyash*) sampai 378  $\mu\text{m}$  (pasir). Dari data yang didapatkan seperti diatas dapat dilihat bahwa mulai dari diameter awal penurunan tekanan semakin meningkat dimana puncak dari penurunan tekanan ada pada diameter partikel 150  $\mu\text{m}$ . Setelah melewati diameter 150  $\mu\text{m}$  penurunan tekanan mulai semakin rendah sampai diameter 378  $\mu\text{m}$ .

Dari Gambar 9 dapat dilihat karakteristik penurunan tekanan terhadap kecepatan udara.

Kecepatan udara divariasikan dari 14 m/s sampai 22 m/s. Dapat dilihat dari awal kecepatan udara 14 m/s sampai 22 m/s penurunan tekanan semakin meningkat dengan semakin besar. Kecepatan udara mempunyai pengaruh yang besar dalam penurunan tekanan dalam aliran pipa.

#### 5. Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan hasil sebagai berikut:

1. Semakin meningkatnya laju aliran massa partikel maka penurunan tekanan yang terjadi akan semakin besar pada pipa horizontal
2. Karakteristik konsentrasi partikel padat terhadap penurunan tekanan menunjukkan hasil yang konstan sehingga konsentrasi partikel padat dalam udara sangat sedikit pengaruhnya dalam penurunan tekanan pada pipa horizontal.
3. Diameter partikel mempunyai pengaruh dalam penurunan tekanan pada pipa horizontal. Puncak penurunan tekanan terjadi pada diameter partikel 150  $\mu\text{m}$  dan akan semakin menurun dengan bertambahnya diameter partikel.
4. Kecepatan Udara mempunyai peran yang besar dalam penurunan tekanan dalam pipa horizontal. Semakin besar kecepatan udara maka penurunan tekanan yang terjadi akan semakin besar.

### Daftar Pustaka

- [1] David Mills. 2004. *Pneumatic Conveying Design Guide*, second ed. Elsevier.
- [2] Asral, Dalil M, dan Prayitno A. 2001. Pengujian Rugi-rugi Aliran Dua Fasa (Gas Partikel Padat) Sepanjang Saluran Horizontal Dengan Variasi Temperatur Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau.
- [3] Ma A, C, Williams K, C, Zhou J, M, et al. 2010. *Numerical study on pressure prediction and its main influence factors in pneumatic conveyors*. Chemical Engineering Science : 65(23): 6247-6258.
- [4] Versteeg, H. K. and W. Malalasekara. 2007. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics*. England: Pearson Education Limited.
- [5] Wang, Y, Williams, K, Jones, M, Chen, B. 2017. *CFD Simulation Methodology for Gas-solid Flow in Bypass Pneumatic Conveying - A Review*. Applied Thermal Engineering.
- [6] Vikas. 2017. *An Experimental and CFD Analysis of Pressure drop prediction in Dense-Phase Pneumatic Conveying of Fine Powders*.