

3rd NICTE

NOMMENSEN INTERNATIONAL CONFERENCE
ON TECHNOLOGY AND ENGINEERING



CERTIFICATE OF APPRECIATION

is awarded to

DIKKY ANTONIUS

In recognition of valuable contribution as

PRESENTER

entitled :

The Comparison between Influence of Reducer and Inner Pipe Diameter to the Pressure and Velocity of Gold Slurry Using 3D Solidwork Simulation

in the 3rd Nommensen International Conference on Technology and Engineering

25-26 July 2019, Medan, Indonesia




Dr. Haposan Siallagan, SH., MH
Rector




Dr. Mula Sigi, M.Si., Ph.D
Chairman

PAPER • OPEN ACCESS

The comparison between influence of reducer and inner pipe diameter to the pressure and velocity of gold slurry using 3D solid work simulation

To cite this article: Dikky Antonius *et al* 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **725** 012003

View the [article online](#) for updates and enhancements.

The comparison between influence of reducer and inner pipe diameter to the pressure and velocity of gold slurry using 3D solid work simulation

Dikky Antonius^{1,*}, Kimar Turnip¹, Priyono Atmadi¹, Romeo Nawiko¹

¹Department of Mechanical Engineering, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta Indonesia.

*dicky.antonius@uki.ac.id

Abstract. Gold mining Pipe with slurry was modified to observe its effect in pressure-discharge pipe. The fluid was transport using centrifugal pump, while the model simulated using solid work 2018 edition. Three models used in this case were: 28-inch pipe without reducer-pipe; 30-inch pipe without reducer pipe, and 28-inch pipe with reducer-pipe. Each model will produce the discharge pressure, slurry velocity, and the friction. The result shows that the 30-inch pipe without reducer will increase the pressure on the discharge pipe. However, the pressure is not as homogenous as 28 inch-pipe without reducers. 10 % of slurry produced less pressure because the friction occurred in the wall caused by the diameter difference. Meanwhile, the models in 28-inch pipe with reducer-pipe clearly show significant improvement of discharge-pipe pressure. However, the pressure is variety from the centre to the edge of the pipe, with the highest pressure located in the centre of pipe.

1. Introduction

Piping is the system used to transport fluid or gasses mechanically from one location to another using pipe. The system itself is designed according to many factors such as: the fluid and its properties (temperature, density, viscosity, etc.), the location to transport, surrounding system, etc.

Currently, piping plays important role in the wide variety application. We can see the pipe almost in every situation and location. The clean water we use every day, the sewage system we used to transport our public disposal, power plant that produce electricity in our house, chemical factory, HVAC etc. Most of these system used piping as their arterial to transport the material.

According to Abhisek Sharma [1], piping contains many components but some major components are pipe, fitting, flanges, valves, gasket & bolting. Reducer is pipe's element used to reduce the diameter of the pipe to increase the pressure of the fluid.

Some energy may loss from the fluid in piping system. Thus, decrease the pressure of the fluid. Longer piping system will increase the energy loss. This is the reason why the pressure gauge always located on the discharge of the piping system to make sure the pressure – sometimes even the temperature – are as high as expected. The energy loss may contribute to friction caused by pipe's material roughness, the piping parts such as flange, fitting, etc. The energy loss because of bad weldments, joints in piping, different inner diameter.

In the mining system or petroleum, the fluid transported called “slurry”. The slurry contains of high-price material such as gold, silver, gemstone, etc. The pressure located in to the discharge pipe could play important role before the slurry going to the distributor box cyclone.



It has been reported [2] that minor loss can be solved by increasing the density of the fluid. However, for some special material such as mining-slurry that contains most of mining material (gold, silver, etc.), density is intolerable – unchangeable procedure parameters.

It is also reported [3] [4] that a model of turbulent drag reduction by polymer additives in both hydraulically smooth and rough pipes could lead to increased pressure. D.Eskin describes the other method by equation [5] [6].

A ice slurry was modelled perfectly and compared to the previous research [7] [8] for refrigeration application, however ice slurry has a big different density than to the mine slurry. Mining slurry has many ores as contaminant, followed by other minerals that cannot not be denied easily. Therefore, the modelled cannot apply to the simulation.

Among the literatures, there are some information about reducers in solving the pressure problems especially when the mining slurry is the fluid used. Therefore, this research's purpose is to provide the information about the reducers simulation in piping system before enter distributor cyclone. Changing inner piping diameter also provided as comparison.

2. Method and Simulation

The specific pump type used in this paper are:

Pump Sentrifugal GIW KSB Company
 Pump Type : LSA 20x24 – 48 C/4ME
 Vane Diameter : 48.00”
 Free Passage : 6.1 x 12.8 “
 Frame Size : 9K
 Seal Type : K, F, M

Cyclone Separator FL Smith
 Optimal Supply Flow Rate : 22,000 gpm
 Optimal Working at Pressure : 10 psi

Drawing Engineering Betchel Group
 Company Drawing Number:
 0205B9 – P – 002706 5 B
 0205B9 – P – 002706 – B
 Slurry

Table 1. Slurry Specification

<i>Parameters</i>	Data		
	<i>Value</i>	<i>Units</i>	<i>Notes</i>
<i>Concentration by Weight</i>	68.00%		<- Input
<i>Concentration by Volume</i>	43.15%		
<i>S.G Fluid</i>	1		<- Input
<i>S.G Solid</i>	2.8		<- Input
<i>S.G Mixture</i>	1.776649746		
<i>Dynamic Viscosity Liquid ($\square l$)</i>	0.001	<i>Pa.s</i>	<- Input
<i>Dynamic Viscosity Mixture ($\square m$)</i>	0.001304831	<i>Pa.s</i>	
<i>Kinematic Viscosity Liquid ($\square m$)</i>	1.23E-04	<i>m²/s</i>	

Here are 3 Models Used in this paper:

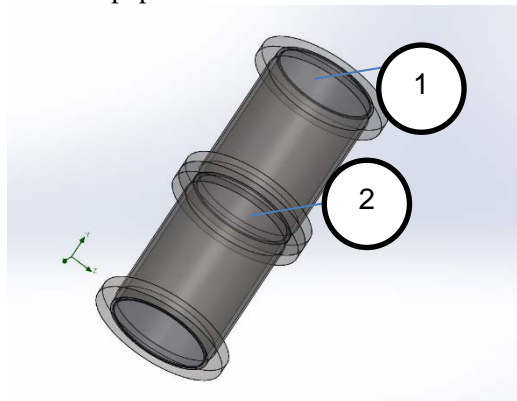


Figure 1.Model 1 – Discharge piping system 28 inch

Part no.1 is 28-inch spool pipe from box distributing part in cyclone. While number 2 is 28-inch pipe connected to the main system.

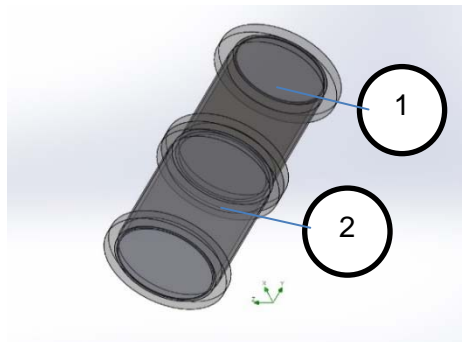


Figure 2.Model 2 – Discharge piping with diameter 30inch

Part no.1 is 28-inch spool pipe from box distributing part in cyclone. While number 2 is 30inch pipe connected to the main system

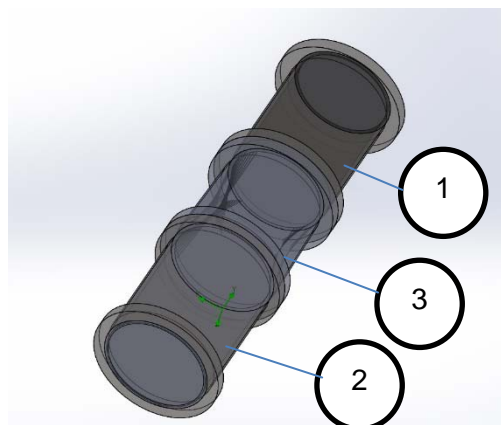


Figure 3.Model 3 – Discharge piping system modified using Reducer

Part no.1 is 28-inch spool pipe from box distributing part in cyclone. While number 2 is 30inch pipe connected to the main system. Number 3 is reducer-pipe.

3. Result and Discussion

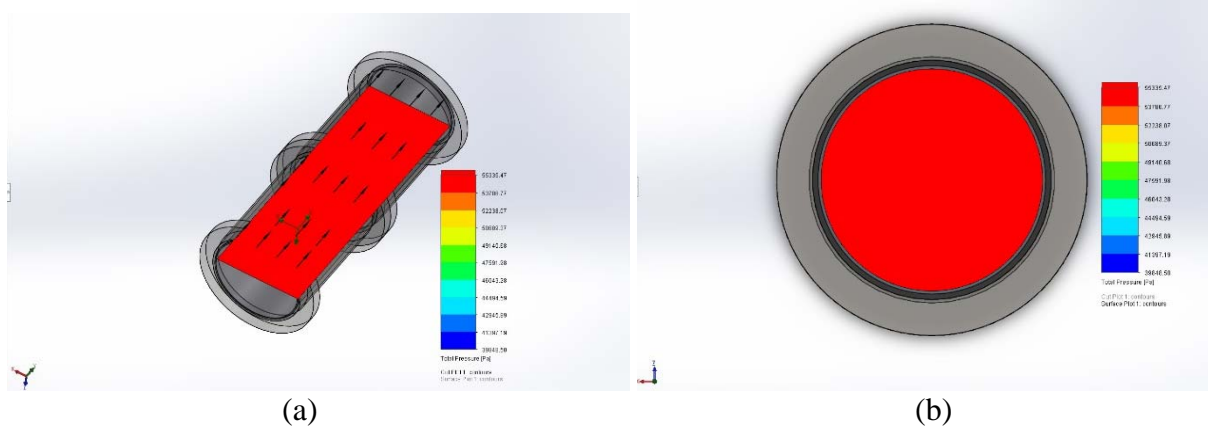


Figure 4.Model 1 – (a) Pressure distribution (b) Pressure contour

The figure a) show a homogeneous pressure along the pipe and the spool pipe while the figure b) show the detail from its contour. The pressure range variety from the blue colour which indicate the smallest pressure (39kPa), to the highest pressure which indicated by red colour (55kPa). The detail contour image shows that the pressure occurred in the edge of pipe is less than the majority which may be contributed to minor losses in the edge of the linear streamlines [2].

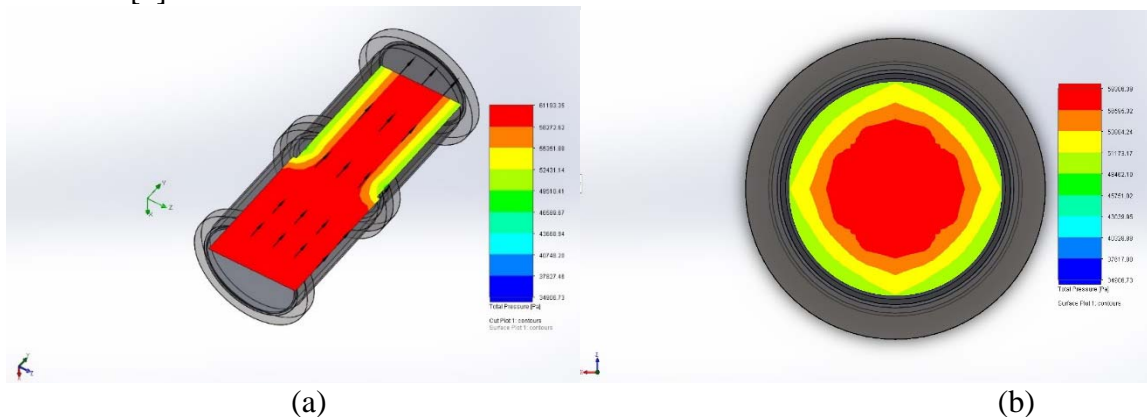


Figure 5.Model 1 – (a) Pressure distribution (b) Pressure contour

Difference result shows in the model 2. The result shows slight difference range in pressure than the model 1. The blue colour indicated the smallest pressure in 34kPa, while the red colour shows the highest pressure 59kPa. However, unlike model 1, the contour occurred in the model 2 is heterogeneous. The highest pressure located mostly in the centre of the pipe, and then gradually decreased to the edge of the pipe.

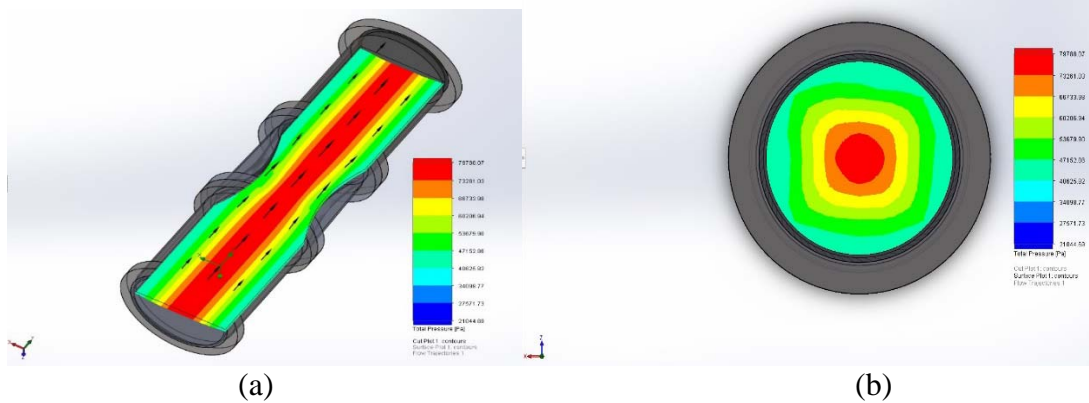
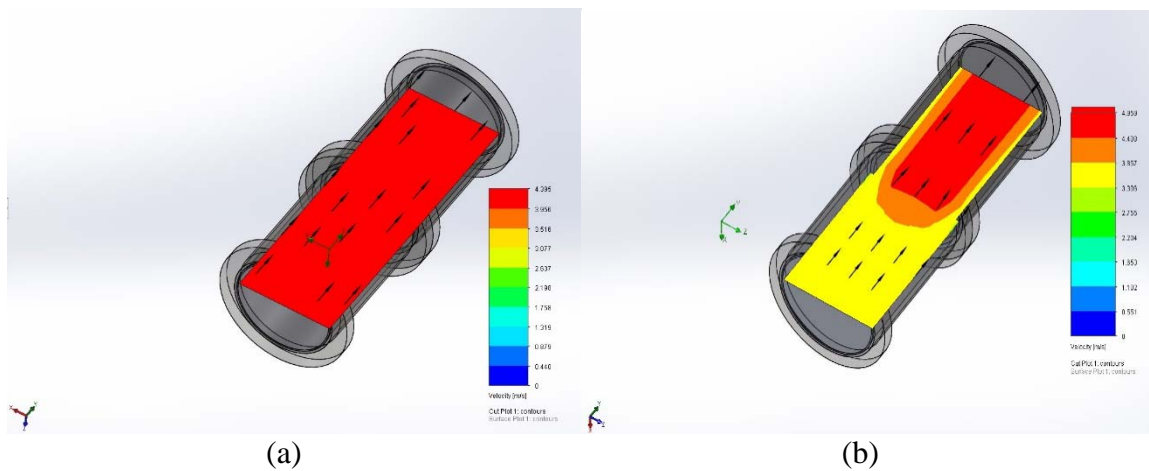


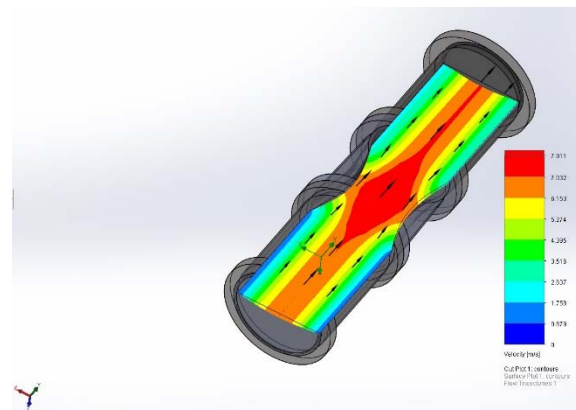
Figure 6.Model 1 – (a) Pressure distribution (b) Pressure contour

The figure a) show totally different result from the others. The range increased greatly from 29kPa – indicated by blue colour – to 79kPa – indicated by red colour. The contour occurred is heterogeneous and started even in the beginning of the spool pipe. The pressure is slowly decreased from the centre of the pipe to the edge.

Table 2. Average number for samples

	Model I	Model 2	Model 3
<i>Average Pressure</i>	55237 Pa	57352.7 Pa	55289.4 Pa
<i>Discharge Pressure</i>	55296 Pa	59306.9 Pa	79322.5 Pa
<i>Average Velocity</i>	4.3114m/s	4.0078 m/s	4.3899 m/s
<i>Discharge Velocity</i>	4.331 m/s	4.9280 m/s	7.0994 m/s
<i>Friction Force</i>	24.716 N	19.9893 N	21.311N





(c)

Figure 7. Velocity Distribution along: a) Model 1 (b) Model 2 (c) Model 3

The figure a, b and c show the results of the simulation for model 1, 2 and 3 in case of slurry velocity. The slurry's velocity of model 1 result in homogeneous flow shown by red colour in almost every part of the pipe. The velocity of slurry is 4,33128 m/s. However, the edge of pipe shows blue colour, which indicate 0m/s slurry velocity. This may because the surface of pipe will make a force to prevent the slurry smooth flowing. This force known as friction force, which influenced by many factors such as; the pipes surface roughness, the fluid velocity, etc. Thus, pipe surface will experience shear stress. The homogeneous of fluid make the impact stress between the pipe material and the fluid. Thus, the surface will experience the biggest friction like shown in the table.

Unlike model 1, model 2 simulation shows un-homogeneous contour of slurry velocity. There are 3 main type velocity beside 0m/s. Most of slurry velocity at the connecting pipe are 3.3 to 3.8 m/s indicated by yellow colour, and change mostly to 4,9 m/s when goes to slope-pipe indicated by red colour. However, the velocity gradually decreased from the centre of the pipe, to the edge of the pipe, 3.87m/s indicated by orange colour to 3.3 m/s indicated by yellow colour. The diameter difference between slope-pipe and connecting-pipe will prevent slurry going smoothly in joint section. Some of slurry – that flow in the edge of pipe – will collide the pipe-diameter-extend wall and try to flow back. The back-flow slurry will collide the other slurry, thus make the disturbance in the joint section. Therefore, the slurry movement will jam; more over the velocity will decreased. However, since the slurry in the edge pipe flow slower than the slurry in the centre, the edge-slurry will act as a shield for pipe surface to prevent the faster slurry colliding with the pipe's surface. This is why the surface friction is small according to the table.

The model 3 shows more complex slurry velocity. The figure shows six colours: blue colour (0 m/s), light blue colour (1,75m/s), green colour (3,5m/s), yellow colour (5,2m/s), orange colour (6,5m/s) and red colour (7,9m/s) from the pipe's edge to pipe's centre respectively. This phenomenon caused the 30-inch pipe and 30-inch reducer-pipe sandwiched the 28-inch connecting-pipe. In the beginning, the same phenomenon occurred in the model 2 happening in slope-pipe. However, the reducer-pipe diameter enlarging the movement of the slurry thus increased the pressure of the slurry. The friction occurred in this phenomenon is similar to the model 2. However, the velocity formed by this model is far greater, which make the friction becomes higher.

4. Conclusion

From the discussion above, we can conclude the experiment in these points:

1. Enlarging the diameter of the slope-pipe will increase the discharge-pipe pressure for the slurry
2. Enlarging the diameter of the slope-pipe will decrease the uniformity of the discharge pressure from the edge-pipe to the centre of the pipe.
3. Enlarging the slope-pipe diameter will decrease the friction, thus the shear stress occurred in pipe's surface.
4. The addition of reducer-pipe will increase the discharge pressure greatly, while the uniformity will increase in range.

References

- [1] A. Sharma, "Basics of Piping," International Journal of Scientific Engineering and Technology, vol. 7, pp. 13 - 16, 2018.
- [2] M. S. Reddy, "Experimental Study of influence of density of fluid on Minor losses," International Journal of Advance in Scientific Research and Engineering, vol. 3, pp. 286 - 291, 2017.
- [3] S.-q. Yang, "Turbulent drag reduction with polymer additive in rough pipes," J.Fluid Mech, vol. 642, pp. 279-294, 2010.
- [4] Q. Quan, "Experimental study on the effect of high-molecular polymer as drag reducer on drag reduction rate of pipe flow," Journal of Petroleum Science and Engineering, vol. 178, pp. 852-856, 2019.
- [5] D. Eskin, "Modeling an Effect of pipe diameter on turbulent drag reduction," Chemical Engineering Science, vol. 162, pp. 66-68, 2016.
- [6] A. Li, "Study on local drag reduction effects of wedge-shaped components in elbow and T-junction close-coupled pipes," BUILD SIMUL, vol. 7, pp. 175 - 184, 2014.
- [7] A. C. Monteiro, "Pressure drop characteristics and rheological modelling of ice slurry flow in pipes," International Journal of Refrigeration, vol. 33, pp. 1523 - 1532, 2010.
- [8] W. Yuan, "Numerical Simulation of Bubble Motion in Horizontal Reducer Pipelines," Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, vol. 5, pp. 517 - 529, 2011.



Laporan Hasil Penelitian Penelitian

The Comparison Between Influence of Reducer and Inner Pipe Diameter to the Pressure and Velocity of Gold Slurry using 3d Solidwork Simulation

Oleh:

Dikky Antonius Hutauruk, S.T., M.Sc

Ir. Priyono Atmadi DEA

Romewo Nawiko

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
2019**

Ucapan Terima Kasih

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang maha Esa, yang atas karuniaNya telah menolong penulis untuk menyelesaikan laporan penelitian ini hingga selesai. Selain itu peneliti juga mengucapkan terima kasih atas bantuan dari pihak manapun yang telah mendukung terselesaikannya laporan penelitian ini..

Penelitian ini bersumber dari pengembangan peleburan pada struktur aluminium yang diinginkan oleh PT tertentu demi meningkatkan kualitas dari produk PT tersebut. Dengan keluhan ini, dimungkinkan bagi para peneliti untuk mengambil data perkembangan material aluminium, khususnya AC2B, melihat perkembangan yang terjadi dan memperlihatkan pengembangan karakterisasi yang terjadi

Dan penulis menerima masukan dan saran apabila terdapat kesalahan dan kekurangan pada penelitian ini untuk dikembangkan menjadi lebih baik lagi. Biarlah pembelajaran pendidikan matematika turut berkontribusi dalam membangun bangsa ini.

Jakarta, September 2019
Peneliti,

ttd

(Dikky Antonius S.T., M.Sc)

Abstrak

Pipa dengan fluida Slurry pada tambang emas dimodifikasi untuk melihat efeknya pada tekanan keluar pipa. Tekanan pipa pada ujung keluar merupakan hal yang penting dikarenakan besarnya akan menentukan tingkat kerja dari Cyclone pump yang akan mengurai emas dari kotoran lainnya. Fluida tersebut disalurkan dengan menggunakan pompa sentrifugal, dan kemudian dimodelkan dengan menggunakan Solidwork edisi 2018. 3 permodelan yang digunakan adalah: pipa 28 inci tanpa reducer; pipa 30 inci tanpa reducer dan pipa 28 inci dengan reducer. Aspek yang dimodelkan untuk masing-masing kasus adalah tekanan, kecepatan slurry dan gesekan. Hasilnya menunjukkan pipa dengan 30 inci tanpa reducer akan meningkatkan tekanan keluar pipa. Walaupun demikian, tekanan pada luaran pipa tidak sehomogen pipa 28 inci tanpa reducer. 10% slurry diproduksi dengan tekanan jauh dibawah standar dikarenakan gaya gesek yang merupakan hasil perbedaan dimensi diameter. Sementara itu, permodelan pipa 28 inci dengan reducer menunjukkan peningkatan tekanan yang sangat signifikan. Namun tekanan yang ditunjukkan sangat beragam/bervariasi dimulai dengan tekanan paling tinggi ditengah, menuju tekanan terendah pada sisi pipa yang diakibatkan oleh karena gaya gesek

Kata kunci: Stronsium, AC2B,

Abstract

Gold mining Pipe with slurry was modified to observe its effect in pressure-discharge pipe. The fluid was transported using centrifugal pump, while the model simulated using solidwork 2018 edition. Three models used in this case were: 28inch pipe without reducer-pipe; 30inch pipe without reducer pipe, and 28inch pipe with reducer-pipe. Each model will produce the discharge pressure, slurry velocity, and the friction. The result shows that the 30inch pipe without reducer will increase the pressure on the discharge pipe. However, the pressure is not as homogenous as 28 inch-pipe without reducers. 10% of slurry produced less pressure because the friction occurred in the wall caused by the diameter difference. Meanwhile, the model in 28inch pipe with reducer-pipe clearly show significant improvement of discharge-pipe pressure. However, the pressure is variety from the centre to the edge of the pipe, with the highest pressure located in the centre of pipe..

Keywords: Slurry, Gold Slurry, Reducer, inner pipe

Daftar Isi

Ucapan Terima Kasih.....	i
Abstrak	iii
Daftar Gambar	iv
Daftar Tabel	iv
1. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pernyataan Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
2. Tinjauan Pustaka	4
2.1. Dasar Teori Pompa dan Pipa	4
2.1.1 Pengertian Fluida, Debit dan Head	4
2.1.2 Pengertian Kavitasi.....	6
2.1.3 Bilangan Reynolds	8
2.2 Pompa Sentrifugal dan Prinsip Kerjanya.....	8
2.2.1 Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal.....	8
2.2.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal	13
2.3 Teori dan Persamaan yang Mendukung Percobaan	13
2.3.1 Persamaan Bernoulli	13
2.3.2 Persamaan Kontinuitas	15
2.3.3 Hukum Kekekalan Massa	16
2.4 Pendekatan Dalam Mengkaji Aliran Fluida Dalam Pipa	17
2.4.1 Pendekatan Komputasional Numerikal	18
2.4.2 Finite-Volume Method (Metode Volume Hingga)	19
2.4.3 Kondisi Batas (Boundary Condition) dan Karakteristik Grid	19
2.4.4 Model K-Epsilon	20
2.4.5 Alur Proses CFD (Computational Fluid Dynamic)	20
3. Metode Penelitian	22
3.1 Metode Penelitian	22
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	22

3.4 Diagram Alir Penelitian Umum	28
4. Pengumpulan Data	29
4.1. Survey Lapangan	29
4.2. Pengiputan Data ke software.....	29
5. Analisa dan Diskusi	30
5.1. Distribusi Tekanan.....	30
6. Kesimpulan dan Saran	35
Daftar Pustaka	36

Daftar Gambar

Gambar 2 1 Bagian-bagian pompa sentrifugal Sumber: Sularso (2000:75).....	9
Gambar 2 2 Desain rumah pompa Sumber: Edward (1996:20).....	10
Gambar 2 3 Bantalan praktis untuk pompa (a) rol, (b) horizontal, (c) vertikal dan (d) kingsbury sumber: Edward (1996:22).....	11
Gambar 2 4 Selongsong poros pompa Sumber: Edward (1996).....	12
Gambar 2 5 Perapat Mekanis Sumber: Edward (1996:24)	12
Gambar 2 6 Pipa penyaluran mengalami penurunan luas penampang	15
Gambar 3 1 Pompa GIW	23
Gambar 3 2 Grafik Pompa GIW	24
Gambar 3 3 Drawing Engineering 1	25
Gambar 3 4 Drawing Engineering 2	26
Gambar 3 5 Drawing Engineering 3	26
Gambar 3 6 Discharge piping system pada tahun 1997	27
Gambar 3 7 Discharge piping system pada tahun 2018	27
Gambar 3 8 Discharge piping system modified.....	27
Gambar 3 9 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 5 1 Model 1 - Distribusi Tekanan (a) Sepanjang pipa 1 dan 2 (b) tampak depan	30
Gambar 5 2 Model 2 - Distribusi tekanan untuk pipa dengan diameter dalam berbeda	31
Gambar 5 3 Model 3 - Simulasi distribusi tekanan pada pipa dengan reducer	31
Gambar 5 4 Permodelan Kecepatan Slurry pada (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3	32

Daftar Tabel

Tabel 5 1 Perbandingan permodelan	34
---	----

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pompa dan pipa adalah peralatan mekanik yang digunakan untuk memindahkan fluida inkompresibel (tak termampatkan) dari satu tempat ke tempat lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menaikkan tekanan atau membangkitkan beda tekanan. Kedua kombinasi alat ini biasa disebut sebagai *piping system*.

Piping system pada suatu industri dapat membantu kinerja pompa menjadi lebih efisien selain itu dengan adanya piping system yang baik maka juga dapat menunjang efisiensi produksi suatu industri. Pada industri penambangan dan proses pengolahan mineral tambang khususnya emas, perak, dan tembaga yaitu PT. Freeport Indonesia, fluida yang akan dipindahkan merupakan *slurry*.

Slurry adalah bubuk mineral yang didalamnya terdiri dari air, mineral utama yaitu emas, perak, dan tembaga, serta pengganggu lainnya yang tidak diutamakan dalam industri. Dengan demikian slurry memiliki persen solid yang berbeda – beda karena didalamnya tidak hanya terdiri dari air saja, maka jalur perpipaan untuk mentransportasikan slurry dengan pipa jenis baja karbon dan dilapisi karet pada sisi bagian dalamnya

Piping system yang akan dibahas ini adalah piping system yang digunakan pada industry pertambangan emas. Terdapat masalah yang cukup sering terjadi pada bagian tekanan keluaran pipa sebelum memasuki cyclone separation. Cyclone separation merupakan alat separasi untuk memisahkan antara ore berdiameter besar dengan yang kecil, oleh karena itu dibutuhkan tekanan 10 psi dan flow rate 22.000 gpm pada cyclone feed separator sesuai dengan spesifikasi alat tersebut, sehingga dapat bekerja dengan maksimal

1.2 Pernyataan Permasalahan

Sistem pemipaan biasanya digunakan untuk mentransfer fluida atau gas secara mekanik dari satu tempat ke tempat lain. Dan system pemipaan itu sendiri dirancang berdasarkan jenis fluida yang dialirkan.

Menurut Abhisek Sharma [1], pemipaan mengandung banyak sekali komponen-komponen seperti katup, pipa L, pipa T, paking dan baut atau reducer. Reducer adalah alat yang digunakan untuk meningkatkan tekanan fluida dengan mengecilkan diameter pipa satu dengan lainnya.

Beberapa rugi energi akan terjadi pada system pemipaan baik itu disebabkan oleh panjang pipa, bahan pipa, atau peralatan pipa lainnya. Kerugian energi ini akan mengurangi tekanan fluida dalam pipa. Hal inilah yang menyebabkan alat pengukur tekanan (pressure gauge) selalu diletakan pada garis akhir dari pemipaan, untuk memastikan tekanan pada pipa berada pada keadaan standar. Tekanan yang berkurang inipun dapat menyebabkan pengurangan temperatur. Dengan demikian tidak jarang alat ukur temperatur (temperature gauge) diletakan seiring dengan alat ukur tekanan.

Akhir dari sistem pemipaan pada pertambangnya umumnya berupa alat pemisah antara kotoran dengan mineral-mineral yang ingin diambil seperti emas, batu bara, perak, atau bahkan batu tambang lainnya.

Telah diteliti sebelumnya [2] bahwa kerugian minor dapat diatasi dengan meningkatkan massa jenis dari fluida. Namun, untuk fluida yang mempunyai kondisi khusus seperti slurry, massa jenis merupakan hal yang sangat penting. Perubahan densitas dapat mengakibatkan kerugian besar dikarenakan beberapa mineral berharga akan sulit untuk diambil, terlebih jika

mineral tersebut dalam jumlah yang sangat sedikit. Maka biasanya dalam slurry (terlepas dari jenis tambangnya), massa jenis slurry adalah hal yang sama sekali tidak bisa diubah.

Telah dilaporkan juga [3] [4] dengan permodelan (simulasi), bahwa penambahan polimer tambahan pada pipa akan membuat pipa menjadi turbulen dan mendapat meningkatkan tekanan luar. D. Eskin menggambarannya dengan permodelan rumus [5] [6].

Slurry jenis es dimodelkan dengan computer dan dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu [7] [8] untuk aplikasi refrigrasi, dan permodelan ini berhasil menaikkan tekanan luar dari fluida di ujung pipa dan dijaga kestabilannya. Namun sayangnya fluida es hampir tidak memiliki kontaminan sebesar slurry. Oleh karena itu permodelan yang diberikan ini tidak dapat diaplikasikan langsung kepada slurry pada pertambangan.

Dari beberapa literatur yang dibaca hanya sedikit informasi mengenai penggunaan reducer pada pipa pertambangan guna meningkatkan tekanan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk meneliti pengaruh reducer pada pipa dan tanpa reducer dengan dimensi yang berbeda demi meningkatkan tekanan ujung pipa, sehingga dapat memenuhi standar tekanan masuk cyclone.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pembahasan yang telah dibuat pada pendahuluan, maka masalah dalam penelitian ini adalah:

- Mempelajari distribusi tekanan dan friksi yang terjadi pada sistem pipa dengan 2 dimensi yang berbeda
- Mempelajari dan membandingkan pengaruh reducer terhadap distribusi tekanan dan friksi yang terjadi pada sistem pipa.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Dasar Teori Pompa dan Pipa

2.1.1 Pengertian Fluida, Debit dan Head

Fluida didefinisikan sebagai zat atau substansi yang akan mengalami deformasi secara berkesinambungan apabila terkena gaya geser (gaya tangensial) sekecil apapun. Berdasarkan kemampuan kompresibilitasnya fluida dibagi menjadi 2 yaitu *compressible fluid* dan *incompressible fluid*. Berdasarkan sifat alirannya fluida dibagi menjadi 3 yaitu aliran laminar, transisi dan turbulen. Berdasarkan hubungan antara laju deformasi dan tegangan gesernya fluida dibagi menjadi 2 yaitu *newtonian fluid* dan *non-newtonian fluid*. Berdasarkan gaya yang bekerja pada fluida dan gerakannya, fluida dibagi 2 yaitu fluida statis dan dinamis.

Debit / kapasitas merupakan volum fluida yang dapat dialirkan per satuan waktu. Pengukuran dari kapasitas dilakukan dengan menggunakan venturimeter, *orifice*, *pitot tube* dan lain-lain. Satuan dari kapasitas (Q) adalah m³/s, liter/s, atau ft³/s.

Head didefinisikan sebagai energi per satuan berat fluida. Satuan dari *head* (H) adalah meter atau feet fluida. Di dalam pompa, *head* diukur dengan cara menghitung beda tekanan total antara pipa isap dan pipa tekan, bila pengukuran dilakukan pada ketinggian yang sama. Menurut persamaan Bernoulli, terdapat tiga macam *head* dari sistem instalasi aliran, yaitu *head* kecepatan, *head* potensial dan *head* tekanan.

a. *Head* tekanan

Adalah perbedaan *head* yang disebabkan perbedaan tekanan statis (*head* tekanan) fluida pada sisi tekan dan sisi isap. *Head* tekanan dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{P}{\gamma} = \frac{P_d}{\gamma} - \frac{P_s}{\gamma} \quad (1)$$

Keterangan :

$\frac{P}{\gamma}$: *Head* tekanan (m)

$\frac{P_d}{\gamma}$: *Head* tekanan fluida pada sisi tekan (m)

$\frac{P_s}{\gamma}$: *Head* tekanan fluida pada sisi isap (m)

b. *Head* kecepatan

Adalah perbedaan antara *head* kecepatan zat cair pada sisi tekan dengan *head* kecepatan zat cair pada sisi isap. *Head* kecepatan dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$h_k = \frac{V_d^2}{2g} - \frac{V_s^2}{2g} \quad (2)$$

Keterangan :

h_k : *Head* kecepatan (m)

$\frac{V_d^2}{2g}$: *Head* kecepatan zat cair pada sisi tekan (m)

$\frac{V_s^2}{2g}$: *Head* kecepatan zat cair pada sisi isap (m)

c. *Head* potensial / elevasi

Adalah perbedaan ketinggian antara fluida pada sisi tekan dengan ketinggian fluida pada sisi isap. *Head* elevasi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$Z = Z_d - Z_s \quad (3)$$

Keterangan :

Z : *Head* statis total (m)

Z_d : *Head* statis pada sisi tekan (m)

Z_s : *Head* statis pada sisi isap (m)

2.1.2 Pengertian Kavitas

Kavitas adalah gejala *menguapnya* zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai dibawah tekanan uap jenuhnya. Sehingga fluida dapat menguap ketika tekanannya cukup rendah pada temperatur fluida tersebut. Dalam hal ini temperatur fluida lebih besar dari temperatur jenuhnya.

Mekanisme dari kavitas ini adalah berawal dari kecepatan air yang tinggi sehingga tekanannya rendah dan menyebabkan titik didihnya menurun. Karena fluida mencapai titik didihnya maka menguap dan timbul gelembung-gelembung yang pada kecepatan tinggi akan menabrak bagian sudu.

Apabila zat cair mendidih, maka akan timbul gelembung-gelembung uap zat cair. Hal ini dapat terjadi pada zat cair yang sedang mengalir di dalam pompa maupun di dalam pipa. Tempat-tempat yang bertekanan rendah dan yang berkecepatan tinggi di dalam aliran, sangat rawan terhadap terjadinya kavitas. Pada pompa misalnya, bagian yang mudah mengalami kavitas adalah sisi isapnya. Kavitas akan timbul jika tekanan isapnya terlalu rendah. Kavitas di dalam pompa dapat mengakibatkan:

- a. Suara yang berisik dan getaran dari pompa.
- b. Performansi pompa akan menurun secara tiba-tiba, sehingga pompa tidak dapat bekerja dengan baik.
- c. Jika pompa dijalankan dalam keadaan kavitas secara terus menerus dalam jangka lama, maka permukaan dinding akan termakan sehingga menjadi berlubang-lubang. Peristiwa ini disebut erosi kavitas, sebagai akibat dari tumbukan gelembung uap yang pecah pada dinding secara terus menerus.

Karena kavitasi mengakibatkan banyak sekali kerugian pada pompa, maka kavitasi perlu dihindari. Adapun cara-cara untuk mencegah kavitasi antara lain:

- a) Tekanan gas diperbesar di dalam pipa-pipa dimana fluida yang mengalir dipompakan.
- b) Sebuah pompa *booster* dipasang pada ujung pipa isap.
- c) Sebuah *axial wheel* atau *helical wheel* dipasang tepat di depan impeler pada poros yang sama.

Hal ini dimaksudkan untuk membuat pusaran (*whirl*) terhadap aliran. Cara ini merupakan pilihan yang paling baik. Akan tetapi, apabila kecepatan putaran (n) dan debitnya (Q) sama dengan kecepatan putaran dan debit dari impeler, maka kavitasi justru akan terjadi pada *runner* pembantu itu sendiri. Oleh karena itu, dalam pemasangan *runner* pembantu ini diperlukan pertimbangan yang sungguh-sungguh sebelum pemasangannya.

Macam - macam tipe kavitasi pada pompa sentrifugal berdasarkan penyebabnya yaitu:

1. *Suction cavitation* (kavitasi pada *suction*)

Kavitasi jenis ini terjadi akibat kekurangan $NPSH_A$ ($NPSH$ aktual). Aturan umumnya adalah $NPSH_A$ minimal harus sama atau lebih besar dari $NPSH_R$ ($NPSH$ yang dibutuhkan) untuk menghindari *suction cavitation*. Perbedaan yang besar antara $NPSH_A$ dengan $NPSH_R$ dapat menyebabkan resiko kerusakan pada pompa terutama pada air yang relatif dingin (kurang dari 150 °F).

2. *Recirculation Cavitation*

Recirculation cavitation diakibatkan oleh laju aliran (*flow rate*) yang rendah pada pompa. Ada dua tipe dari *recirculation cavitation* yaitu *suction side* dan *discharge side* dimana bisa terjadi pada saat yang bersamaan ataupun terpisah. Keduanya terjadi akibat fenomena yang sama yaitu aliran balik pada jarak yang berdekatan satu sama lain.

2.1.3 Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds (Re) adalah bilangan tidak berdimensi yang menyatakan kuantitas untuk mengetahui apakah suatu aliran fluida yang terjadi itu laminar, transisi atau turbulen. Bilangan Reynolds didefinisikan dengan persamaan di bawah ini:

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu} = \frac{V d}{\nu} \quad (6)$$

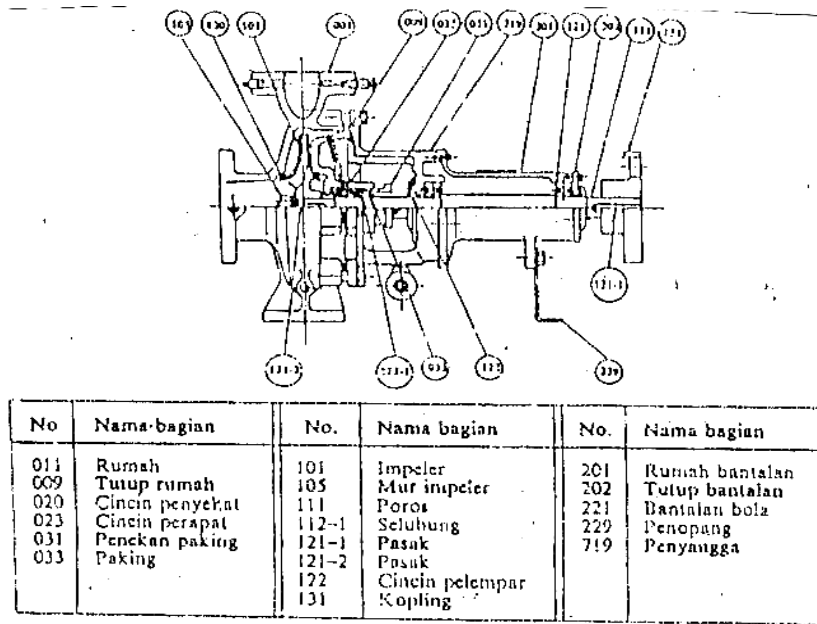
$$Re = \frac{\rho V l}{\mu} = \frac{V l}{\nu} \quad (7)$$

Pada persamaan (2.10) digunakan jika ditinjau dari diameter. Sedangkan untuk persamaan (2.11) digunakan jika ditinjau dari panjang. Suatu aliran dikatakan laminar jika bilangan Reynolds-nya $Re < 2300$ dan suatu aliran dikatakan turbulen jika bilangan Reynolds-nya ≥ 4000 . Sedangkan suatu aliran dikatakan transient apabila bilangan Reynolds-nya $2300 < Re < 4000$.

2.2 Pompa Sentrifugal dan Prinsip Kerjanya

2.2.1 Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal mempunyai konstruksi sedemikian rupa sehingga aliran zat cair yang keluar dari impeler akan melalui sebuah bidang tegak lurus poros pompa. Konstruksi dari pompa sentrifugal dapat dilihat pada gambar 2.1. di bawah ini. Impeler dipasang pada satu ujung poros dan pada ujung yang lain dipasang kopling untuk meneruskan daya dari penggerak. Poros ditumpu oleh dua buah bantalan. Sebuah paking atau perapat dipasang pada bagian rumah yang ditembus poros, untuk mencegah air bocor keluar atau udara masuk dalam pompa.



Gambar 2 1 Bagian-bagian pompa sentrifugal Sumber: Sularso (2000:75)

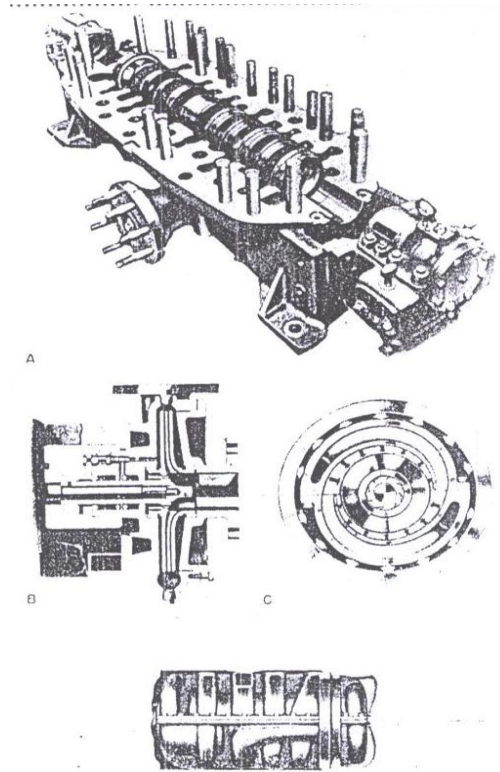
a. Impeler

Merupakan bagian yang berputar dari pompa dan memberikan daya pada air, sehingga air akan mendapatkan energi spesifik berupa kecepatan dan tekanan. Di dalam rumah siput, kecepatan air secara berangsur-angsur diubah menjadi tekanan statis.

b. Rumah Pompa

Desain rumah pompa ditunjukkan oleh gambar 2.2. Rumah pompa memiliki beberapa fungsi, antara lain:

1. Berfungsi sebagai pengarah fluida yang dilemparkan impeler. Akibat gaya sentrifugal yang menuju sisi tekan, sebagian energi kinetik fluida diubah menjadi tekanan.
2. Menutup impeler pada sisi penghisapan dan pengiriman pada ujung pompa sehingga berbentuk tangki tekanan.
3. Memberikan media pendukung dan bantalan poros untuk batang torak dan impeler.



Gambar 2 2 Desain rumah pompa Sumber: Edward (1996:20)

c. Poros Pompa

Sebagai penerus putaran penggerak kepada impeler dan pompa. Poros pompa dibedakan menjadi dua, yaitu :

- Poros pompa datar atau horizontal
- Poros pompa tegak atau vertical

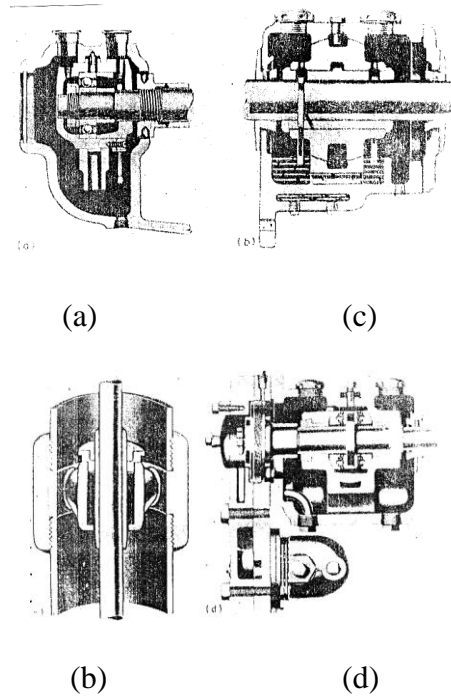
d. Cincin Penahan Keausan atau Cincin Perapat (*Waring Ring*)

Untuk mencegah keausan rumah pompa dan impeler pada sambungan yang bergerak (*running joint*), maka dipasang cincin penahan keausan (*waring ring*) yang disebut juga cincin rumah pompa atau cincin perapat.

e. Bantalan Poros

Bantalan yang banyak dipakai pada pompa sentrifugal adalah bantalan anti gesek, selongsong, rol bola, dan bantalan *kingsbury*. Bantalan anti gesek dapat berupa baris tunggal

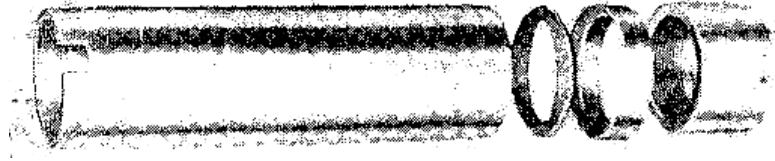
atau ganda. Bantalan rol banyak dipakai untuk poros pompa berukuran besar. Skema bantalan poros ditunjukkan oleh gambar 2.3.



Gambar 2 3 Bantalan praktis untuk pompa (a) rol, (b) horizontal, (c) vertikal dan (d) kingsbury sumber: Edward (1996:22)

f. Selongsong Poros

Berfungsi untuk mencegah kebocoran udara ke dalam pompa bila beroperasi dengan tinggi isap (*suction lift*) dan untuk mendistribusikan cairan perapat secara merata di sekeliling ruang cincin (*anular space*) antara lubang peti dan permukaan selongsong poros. Selongsong poros disebut juga sangkar perapat atau cincin *lantern*. Skema selongsong poros pompa ditunjukkan oleh gambar 2.4.



Gambar 2 4 Selongsong poros pompa Sumber: Edward (1996)

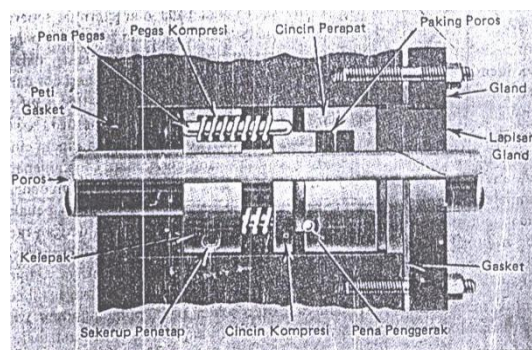
Selongsong poros ini menerima cairan yang bertekanan dari pompa atau sumber tersendiri lainnya. Kadang-kadang digunakan minyak gemuk sebagai medium perapat apabila cairan yang bersih tidak tersedia atau tidak dapat dipakai (pompa air kotor).

g. Peti Gasket

Berfungsi untuk mencegah udara bocor ke dalam rumah pompa bila tekanan di dalamnya berada di bawah tekanan atmosfer.

h. Perapat Poros (Perapat Mekanis)

Digunakan untuk mencegah kebocoran di sekeliling poros. Perapat poros ini juga dipakai apabila peti gasket tidak dapat mencegah kebocoran secara maksimal. Permukaan perapat tegak lurus terhadap poros pompa dan biasanya terdiri dari dua bagian yang dihaluskan dan dilumasi. Perapat poros dibedakan menjadi dua, yaitu jenis dalam dan jenis luar. Jenis luar dipakai apabila cairan yang dipompa berpasir dan tidak diinginkan adanya kebocoran pada peti gasket. Jenis dalam digunakan untuk cairan yang mudah menguap. Skema perapat mekanis dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2 5 Perapat Mekanis Sumber: Edward (1996:24)

2.2.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Secara garis besar, pompa bekerja dengan cara mengubah energi mekanik dari poros yang menggerakkan sudu-sudu pompa, kemudian menjadi energi kinetik dan tekanan pada fluida. Demikian pula pada pompa sentrifugal, agar bisa bekerja pompa membutuhkan daya dari mesin penggerak pompa. Berputarnya impeler menyebabkan tekanan vakum pada sisi isap pompa, akibatnya fluida terhisap masuk ke dalam impeler. Di dalam impeler, fluida mendapatkan percepatan sedemikian rupa dan terkena gaya sentrifugal, sehingga fluida mengalir keluar dari impeler dengan kecepatan tertentu. Kecepatan keluar fluida ini selanjutnya akan berkurang dan berubah menjadi energi tekanan di dalam rumah pompa. Besarnya tekanan yang timbul tergantung pada besarnya kecepatan fluida.

2.3 Teori dan Persamaan yang Mendukung Percobaan

2.3.1 Persamaan Bernoulli

Syarat – syarat berlakunya persamaan Bernoulli adalah:

- Aliran *steady*
- Aliran *incompressible*
- Aliran tanpa gesekan (*inviscid flow*)
- Aliran menurut garis arus (sepanjang *streamline*)

Suatu aliran fluida *incompressible* yang memiliki tekanan (P), kecepatan (v), dan beda ketinggian (z) mempunyai energi aliran fluida sebesar :

- Persamaan energi :

$$m \cdot g \cdot z + P \cdot V + \frac{mv^2}{2} = c \quad (8)$$

$$m \cdot g \cdot z + P \cdot \frac{m}{\rho} + \frac{mv^2}{2} = c \quad (9)$$

- Persamaan energi spesifik tiap satuan massa:

$$g \cdot z + \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} = c \quad \left(\frac{\text{Nm}}{\text{kg}} \right) \quad (10)$$

- Persamaan energi spesifik tiap satuan berat (*head*):

$$z + \frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = c \quad (\text{m}) \quad (11)$$

- Persamaan Bernoulli umumnya ditulis dalam bentuk :

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (12)$$

dengan : z adalah *head* elevasi

$\frac{P}{\rho \cdot g}$ adalah *head* tekanan

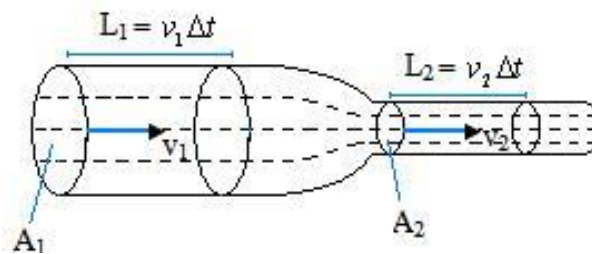
$\frac{v^2}{2g}$ adalah *head* kecepatan

Sebagai contoh adalah aliran air di dalam pipa, pada posisi 1 air mempunyai tekanan P_1 , luas penampang A_1 , dan kecepatan v_1 . Perubahan bentuk energi akan terjadi bila pada posisi 2 penampangnya diperkecil. Dengan demikian, kecepatan air akan naik menjadi v_2 dan tekanan P_2 akan berkurang. Hal ini dapat terlihat jelas apabila letak pipa dalam keadaan horizontal ($z_1=z_2$).

Jadi, persamaan Bernoulli dapat dinyatakan sebagai berikut:“pada tiap saat dan tiap posisi yang ditinjau dari suatu aliran di dalam pipa tanpa gesekan yang tidak bergerak akan mempunyai jumlah energi ketinggian tempat, tekanan, dan kecepatan yang sama besarnya”.

2.3.2 Persamaan Kontinuitas

Disebut juga hukum kekekalan massa, menyatakan bahwa laju perubahan massa fluida yang terdapat dalam ruang yang ditinjau pada selang waktu Δt harus sama dengan perbedaan antara jumlah massa yang masuk dan laju massa yang keluar ke dan dari elemen fluida yang ditinjau.



Gambar 2 6 Pipa penyaluran mengalami penurunan luas penampang

Gambar 2.6 Pipa penyaluran mengalami penurunan luas penampang

Terdapat aliran fluida pada satu saluran dengan perubahan luas penampang seperti terlihat pada gambar 2.6. Pada fluida tak termampatkan, massa jenis fluida selalu sama di setiap titik yang dilaluinya. Massa fluida yang mengalir dalam pipa dengan luas penampang A_1 selama selang waktu tertentu:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (13)$$

$$m = \rho V \quad (14)$$

$$m_1 = \rho V_1 \quad (15)$$

$$V_1 = A_1 L_1 = A_1 v_1 \Delta t \quad (16)$$

$$\dot{m}_1 = \rho A_1 v_1 \quad (17)$$

Mengingat bahwa dalam aliran tunak, massa fluida yang masuk sama dengan massa fluida yang keluar, maka:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad (18)$$

$$\rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2 \quad (19)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (20)$$

Keterangan:

A_1 = Luas penampang 1

A_2 = Luas penampang 2

v_1 = Kecepatan aliran fluida pada penampang 1

v_2 = Kecepatan aliran fluida pada penampang 2

Av = Laju aliran volume V/t atau debit

2.3.3 Hukum Kekekalan Massa

Hukum kekekalan massa menyatakan bahwa massa suatu sistem adalah kekal dan tidak berubah. Hal ini menunjukkan bahwa dalam aliran *steady*, aliran massa yang memasuki dan meninggalkan volume kendali (*control volume*) adalah sama:

$$\rho Av = \text{konstan} \quad (23)$$

atau

$$\gamma Av = \text{konstan} \quad (\text{dalam satuan berat}) \quad (24)$$

dengan:

ρ = massa jenis (kg/m^3)

γ = berat jenis (N/m^3)

A = luas penampang (m^2)

v = kecepatan rata-rata fluida pada penampang tersebut (m/s)

Persamaan di atas sering disebut juga persamaan kontinuitas. Untuk aliran *incompressible* (tak termampatkan), maka laju aliran massa persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi (White, 1994):

$$Q = Av = \text{konstan}$$

dengan:

Q = debit (m^3/s)

A = luas penampang (m^2)

v = kecepatan rata-rata fluida pada penampang tersebut (m/s)

2.4 Pendekatan Dalam Mengkaji Aliran Fluida Dalam Pipa

Pengkajian aliran fluida dari suatu medan yang diuji umumnya dilakukan dengan tiga pendekatan. Ketiga pendekatan ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Namun disini, penulis tidak membahas kelebihan dan kekurangan dari masing-masing pendekatan, tetapi penulis lebih membahas jenis-jenis-pendekatan tersebut dalam mengkaji aliran fluida. Pada umumnya ketiga pendekatan ini, dapat bekerja secara berhubungan atau independen. Ketiga pendekatan itu adalah sebagai berikut:

1. Pendekatan secara teoritis.
2. Pendekatan secara eksperimental, misalnya: Pemasangan indikator pada pipa.
3. Pendekatan komputasional numerikal, misalnya: berbagai software CFD (ANSYS, CosmoFlow, CFX, Flotran, dan lain-lain.).

Dalam penelitian yang dilakukan ini, penulis menggunakan pendekatan secara komputasional numerikal dan membandingkan dengan teoritis.

2.4.1 Pendekatan Komputasional Numerikal

Persamaan dasar pada mekanika fluida berperan sebagai persamaan yang menjadi persamaan atur dari suatu fluida. Dalam pemecahan masalah yang berhubungan langsung dengan mekanika fluida, persamaan ini memiliki peran yang tidak dapat terpisahkan dan persamaan dasar ini juga berdasarkan atas tiga prinsip yang selama ini dikenal dalam mekanika fluida, yaitu hukum kekekalan massa, hukum momentum linier, dan hukum kekekalan energi. Ketiga prinsip tersebut dapat dijelaskan masing masing seperti di bawah ini:

1. Hukum kekekalan massa yaitu massa tidak dapat diciptakan atau dihancurkan.

$$\partial p / \partial t + \text{div}(\rho u) = 0 \quad (21)$$

2. Hukum momentum linier yaitu laju perubahan momentum dari suatu volume fluida sebanding dengan gaya yang bekerja padanya.

$$\rho \, Du / Dt = -\text{grad } p + \rho b \quad (22)$$

3. Hukum kekekalan energi yaitu energi tidak dapat diciptakan atau dihancurkan.

$$E_{\text{total}} = E_{\text{kinetik}} + E_{\text{internal}} \quad (23)$$

Persamaan-persamaan di atas merupakan persamaan non-linier diferensial parsial dan merupakan persamaan atur yang banyak digunakan pada aplikasi bidang engineering terutama yang berkaitan dengan mekanika fluida. Tetapi, sangat sulit jika menyelesaikan persamaan ini secara analitis-teoritis dalam permasalahan yang berkaitan dengan mekanika fluida. Dengan adanya komputer dan metode numerik maka pemecahan masalah yang sulit tadi, dapat diselesaikan secara cepat dengan CFD (Computational Fluid Dynamics).

2.4.2 Finite-Volume Method (Metode Volume Hingga)

Pada metode volume hingga terdapat kotak-kotak (grid) yang disebut cell, dan titik-titik pada grid yang disebut node. Setiap cell memiliki bentuk yang berbeda-beda seperti yang disebutkan di bawah ini:

1. Quadrilateral.
2. Triangular.
3. Hexahedral.
4. Tetrahedral.
5. Prisma.

Pada pendekatan volume hingga, integral dari persamaan kekekalan pada volume atur digunakan untuk membentuk persamaan diskrit pada cell atau grid.

2.4.3 Kondisi Batas (Boundary Condition) dan Karakteristik Grid

Kondisi batas adalah suatu kondisi yang berfungsi sebagai pembatas dari sebuah kontrol volume. Dalam analisa menggunakan CFD semua titik dalam kontrol volume nilainya dicari dan diperhitungkan berdasarkan nilai pada kondisi batas (boundary condition values). Secara umum kondisi-kondisi batas terdiri dari dua yaitu inlet (saluran masuk) dan outlet (saluran keluar).

Inlet adalah posisi dimana fluida masuk sesuai dengan nilai yang ditentukan. Berbagai macam input yang dapat dimasukkan sebagai inlet antara lain seperti kecepatan, temperatur, tekanan, laju aliran, dan lain-lain. Sedangkan outlet adalah posisi dimana fluida keluar sebagai output yang dituju yang menghasilkan nilai-nilai tertentu yang selanjutnya dikelola.

Selain kondisi batas, hal lainnya yang juga perlu diperhatikan dalam CFD adalah karakteristik grid. Kompleksitas domain aliran fluida, numerical diffusion (kesalahan diskritisasi yang timbul bila grid tidak sejajar dengan arah aliran) merupakan factor faktor yang menjadi

pertimbangan dalam menentukan jenis grid yang digunakan. Faktor faktor lainnya yang juga berpengaruh dalam pemilihan sistem grid antara lain, bentuk cell, bentuk geometri benda uji, struktur mesh, dan pembentukan grid.

2.4.4 Model K-Epsilon

Model k-epsilon adalah suatu model persamaan yang terdapat dalam CFD, disamping dari model k lainnya. Model k-epsilon terdiri dari dua persamaan yang mewakili parameter turbulen suatu aliran. Persamaan pertama adalah persamaan yang menyatakan energi turbulen, k , dan menentukan besarnya energi turbulensi. Persamaan yang kedua merupakan persamaan dissipasi turbulen, ϵ yang digunakan untuk menentukan skala turbulensi.

Model k-epsilon terbukti telah memberikan hasil yang baik dan prediksi yang baik melalui aliran free stream dengan gradien tekanan yang relatif kecil. Sebaliknya aliran yang memiliki gradien tekanan yang besar, akurasi model k-epsilon menjadi berkurang.

2.4.5 Alur Proses CFD (Computational Fluid Dynamic)

Secara garis besar langkah-langkah kerja CFD terdiri dari 3 tahapan dan ketiga tahapan tersebut adalah seperti berikut:

1. Pre Processor

Pada tahap ini proses-proses yang dilakukan berupa mendefinisikan geometri model untuk menjadi domain komputasi, pembuatan grid, dan menentukan propertis fluida.

2. Solver

Pada tahapan ini dilakukan proses komputasi numerik dengan menggunakan pendekatan variabel yang diketahui menjadi fungsi yang lebih sederhana, diskritisasi dengan substitusi pendekatan kedalam persamaan yang mengatur aliran, dan solusi dari persamaan aljabar.

3. Post Processor

Pada tahap ini hasil-hasil dari perhitungan komputasi numerik divisualisasikan dan disimulasikan untuk melakukan analisa dan pengambilan keputusan.

3. Metode Penelitian

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Software Analysis* yaitu metode yang digunakan untuk menentukan instalasi *discharge* yang optimal pada *system* pipa transportasi *slurry* dari *sump box* ke *distribution box cyclone separator*.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di dalam Laboratorium Komputer Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

a. Pompa Sentrifugal GIW KSB *Company*

Type Pompa : LSA 20x24 – 48 C/4ME

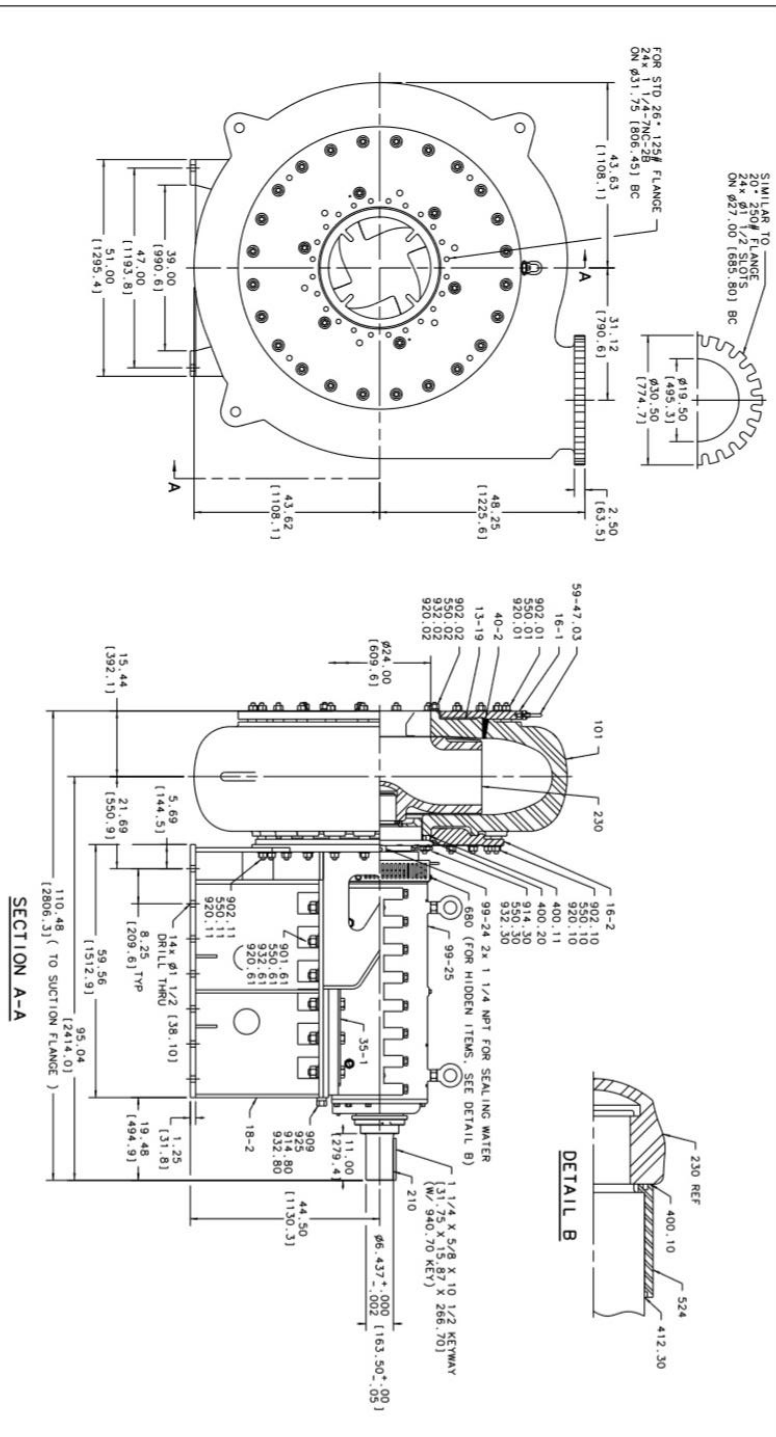
Vane Diameter : 48.00”

Free Passage : 6.1 x 12.8 “

Frame Size : 9K



Seal Type : K, F, M

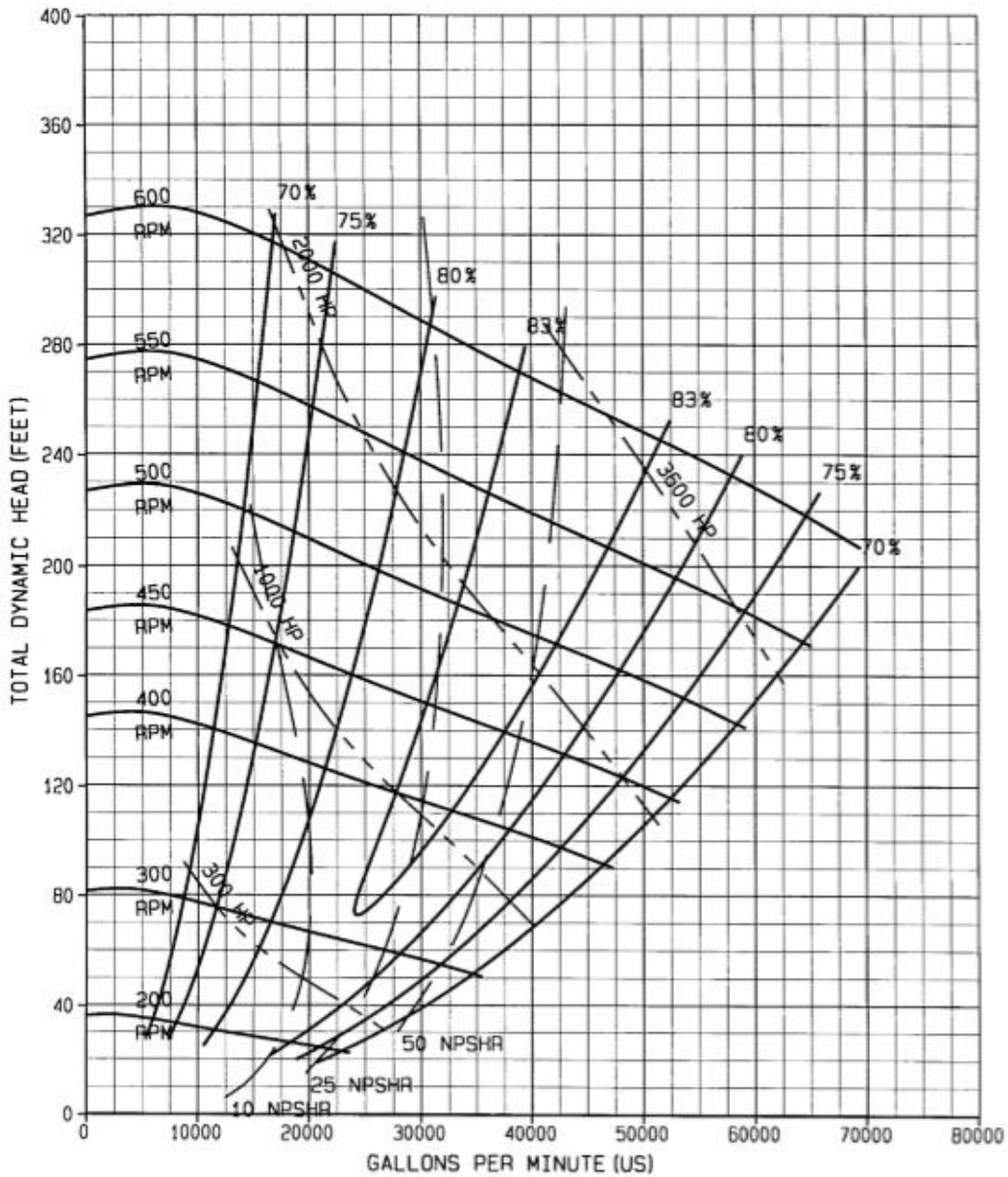
Gambar Pompa :



Gambar 3 1Pompa GIW

Diagram Pompa :

Pump Type LSA 20x24-48 S Series	Model C/4ME	Vane Diameter 48.00"	Free Passage 6.1x12.8"	 GIW Industries Inc. A KSB Company • 
Clear Water Performance The effects of specific gravity, viscosity and solids on performance with slurry must be accounted for. Alternate choice for frame size or seal type may also have some effects.		Frame Size 9K	Curve Number E 33 -97 SP Basis B 24 -97	
		Seal Type K, F, M		



Gambar 3 2 Grafik Pompa GIW

b. Cyclone Separator FL Smith

Optimal Supply Flow Rate : 22,000 gpm

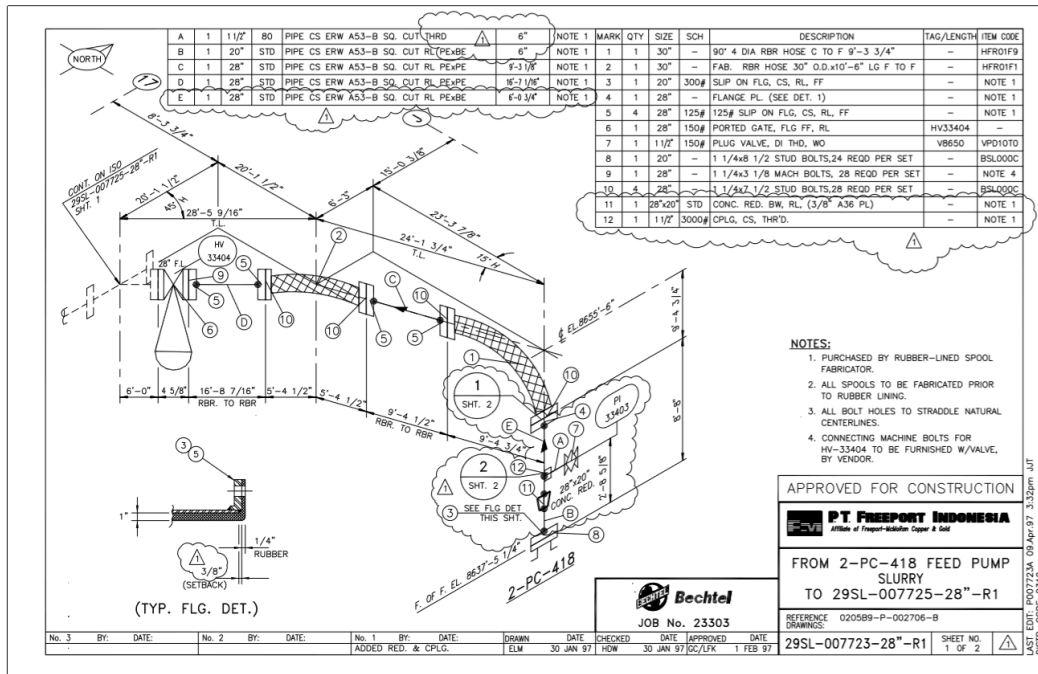
Optimal Working at Pressure : 10 psi

c. Drawing Engineering Betchel Group Company

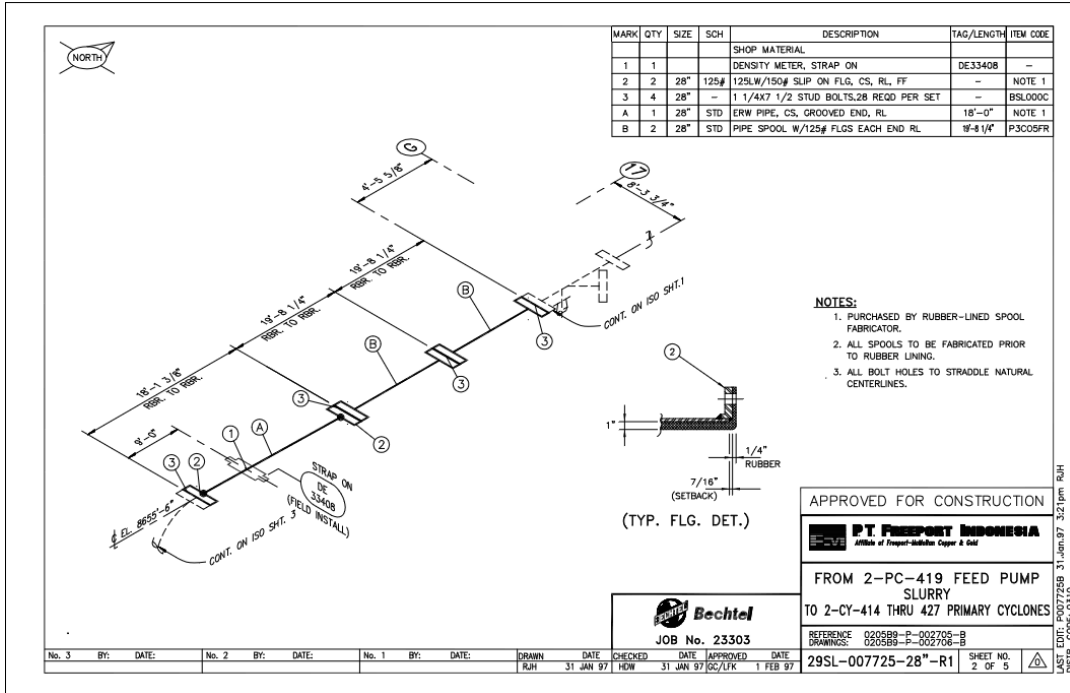
Drawing Number:

- 0205B9 – P – 002706 5 B

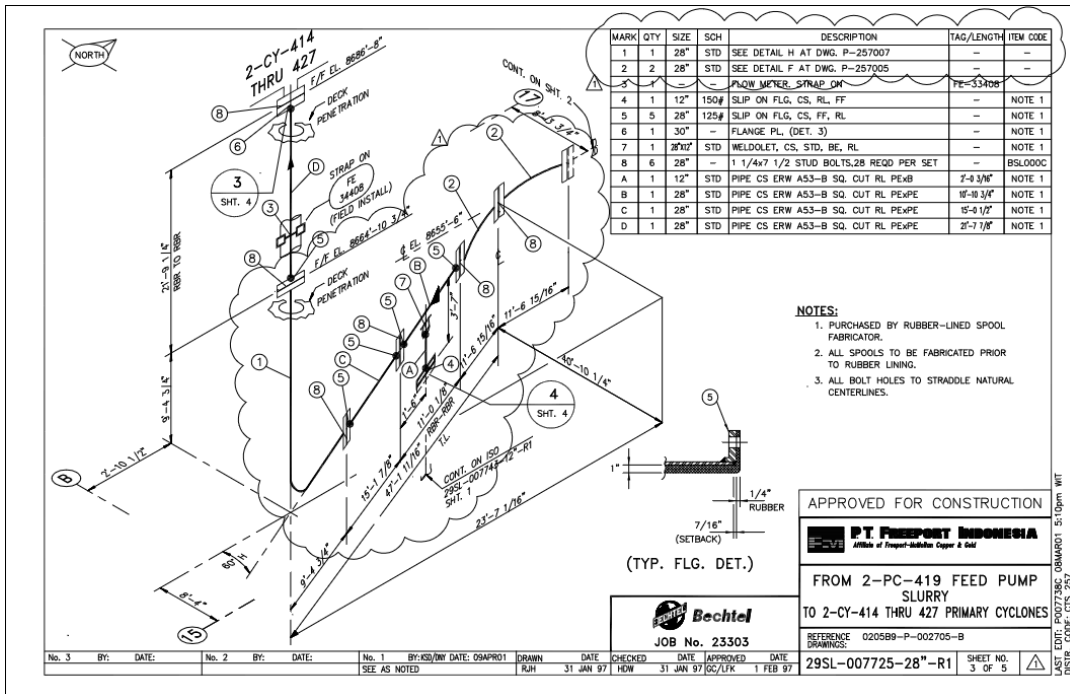
- 0205B9 – P – 002706 – B



Gambar 3 3 Drawing Engineering 1

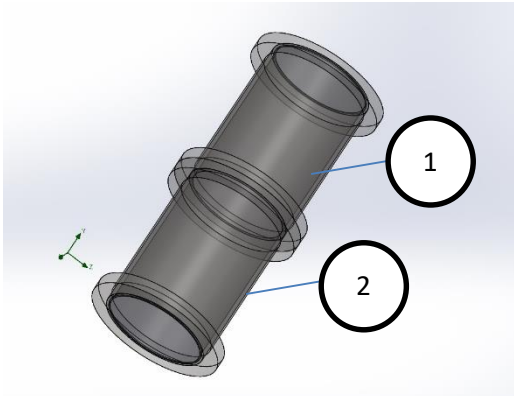


Gambar 3 4 Drawing Engineering 2



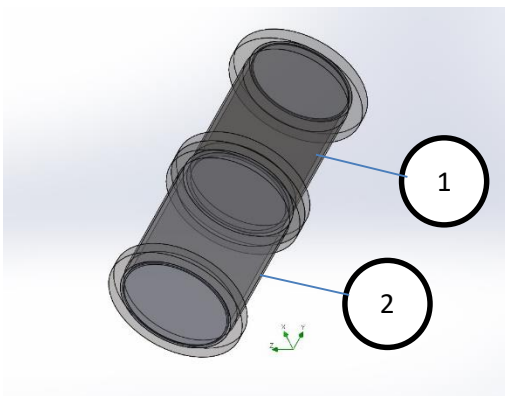
Gambar 3 5 Drawing Engineering 3

d. Design Software Solidworks :



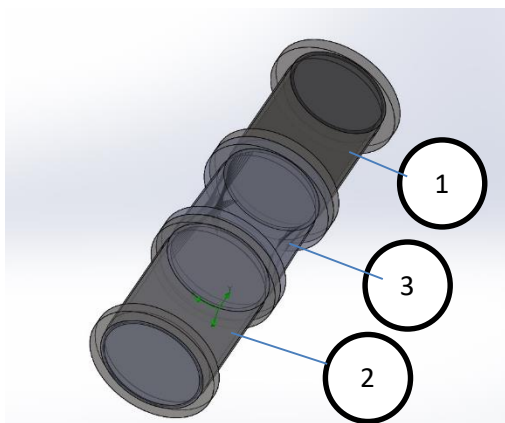
Gambar 3 6 Discharge piping system pada tahun 1997

Pada nomor 1 merupakan pipa spool dari bagian *distributor box* pada *cyclone* dengan diameter 28 inch, sedangkan pada nomor 2 merupakan pipa dengan diameter 28 inch



Gambar 3 7 Discharge piping system pada tahun 2018

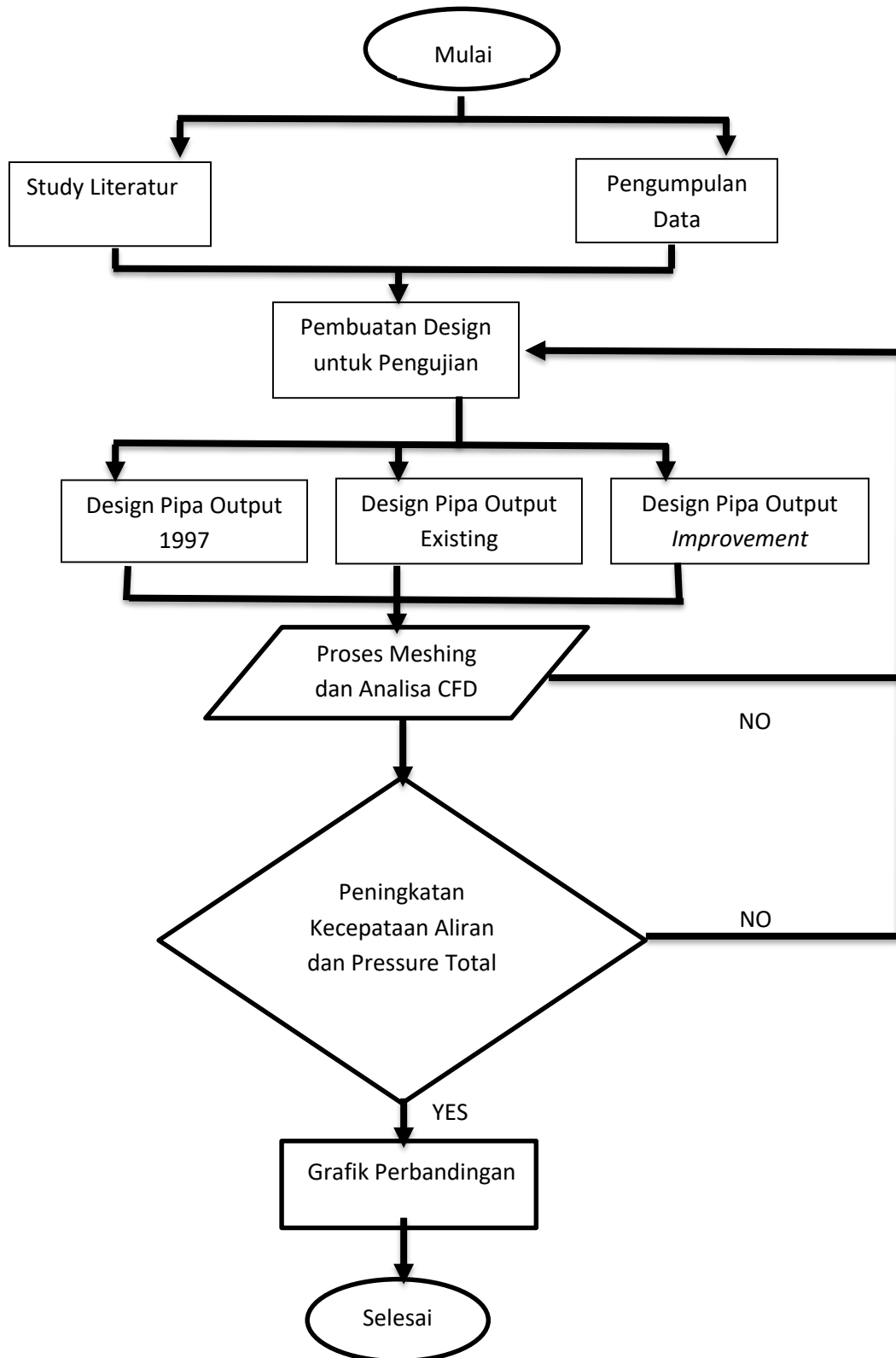
Pada nomor 1 merupakan pipa *spool* dari bagian *distributor box* pada *cyclone* dengan diameter 28 inch, sedangkan pada nomor 2 merupakan pipa dengan diameter 30 inch



Gambar 3 8 Discharge piping system modified

Pada nomor 1 merupakan pipa *spool distributor box*, sedangkan pada nomor 2 merupakan pipa dengan diameter 30 inch dan pada nomor 3 merupakan *reducer* yang diaplikasikan untuk memperbaiki laju aliran

3.4 Diagram Alir Penelitian Umum



Gambar 3 9 Diagram Alir Penelitian

4. Pengumpulan Data

4.1. Survey Lapangan

Pembuatan latar belakang masalah diambil langsung dari lapangan industri pertambangan ini. Data diambil selama 2 bulan tentang jadwal maintenance dari tiap-tiap divisi pada piping system. Pengambilan data dirujuk kepada kuantitas corrective maintenance dan overhaul yang sering dilakukan pada tiap-tiap divisi, dan didapati pada bagian sambungan pipa antara cyclone pump dengan slump box.

Pencatatan ini guna meningkatkan nilai mutu dari penelitian sehingga bisa menjadi masukan langsung kepada industri pertambangan emas yang dimaksud

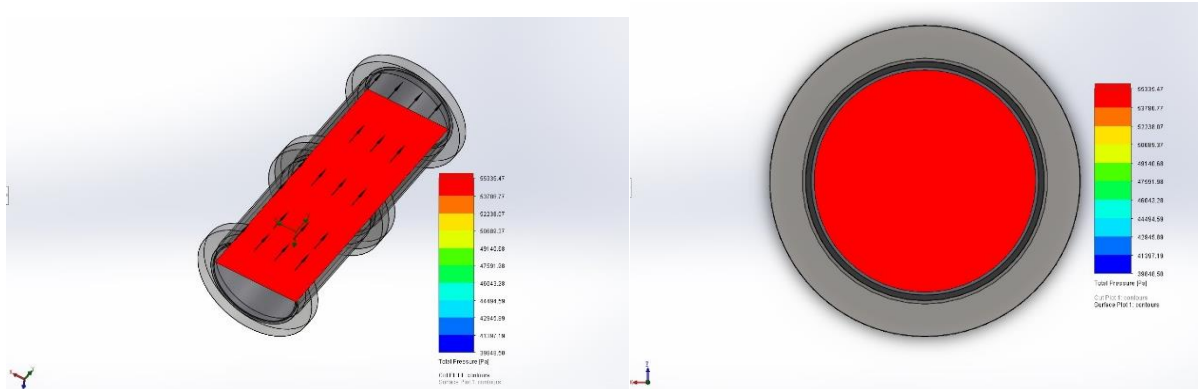
4.2. Pengiputan Data ke software

Analisa pengujian dilakukan pada software versi 2018 dengan menginput dimensi aktual pipa yang sekarang sedang bersamalah dan mengeksekusi (run) simulasi menggunakan mode computer fluid dynamic yang disediakan oleh Solidwork.

Data yang diambil adalah data yang dikeluarkan oleh software tersebut yang dihitung berdasarkan rumus-rumus yang sudah dijelaskan pada Bab 2.

5. Analisa dan Diskusi

5.1. Distribusi Tekanan



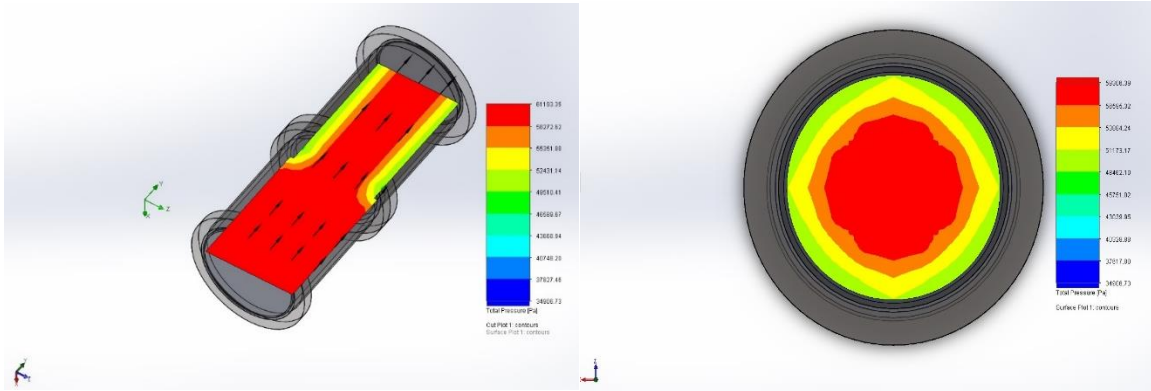
(a)

(b)

Gambar 5 1 Model 1 - Distribusi Tekanan (a) Sepanjang pipa 1 dan 2 (b) tampak depan

Gambar (a) menunjukkan tekanan sepanjang pipa penyambung dan pipa keluar yang sangat homogen. Gambar (b) juga memperlihatkan tekanan pipa pada diameternya. Dari kontur terlihat bahwa tekanan semua seragam/homogen dari mulai tepi hingga menuju ke bagian pusat pipa. Tekanan paling kecil terindikasi pada gambar adalah 39 kPa terdapat pada bagian tepi, sedang tekanan paling besar terindikasi 59 kPa seragam dimulai dari daerah tepi menuju pusat pipa. Ini menunjukkan bahwa tekanan pipa hanya mengalami kerugian dikarenakan gaya gesek dari pipa sendiri [2].

Fenomena berbeda ditunjukkan oleh model 2. Hasilnya menunjukkan perbedaan varian pada tekanan yang cukup besar jika dibandingkan dengan model 1. Warna biru menunjukkan tekanan yang paling kecil (tercatat 34kPa), sedangkan warna merah menandakan tekanan tertinggi (dicatat sebesar 59 kPa).

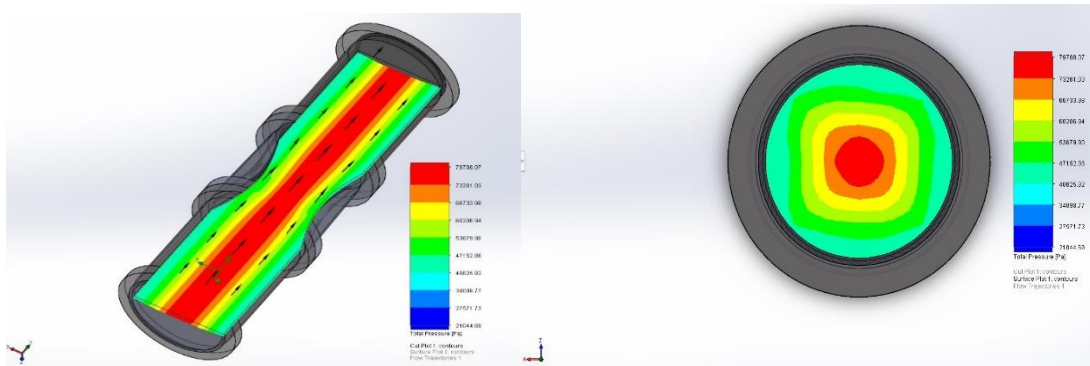


(a)

(b)

Gambar 5 2 Model 2 - Distribusi tekanan untuk pipa dengan diameter dalam berbeda

Tekanan memang terbukti meningkat, diakibatkan diameter yang menyempit yang ditunjukkan relasinya dengan hokum Bernoulli. Tidak seperti model 1, kontur dari penampakan pada diameter pipa menunjukkan bahwa tekanan yang paling tinggi terpusat pada daerah pusat saja. Lalu kemudian tekanan menurun semakin menuju ke tepi pipa.



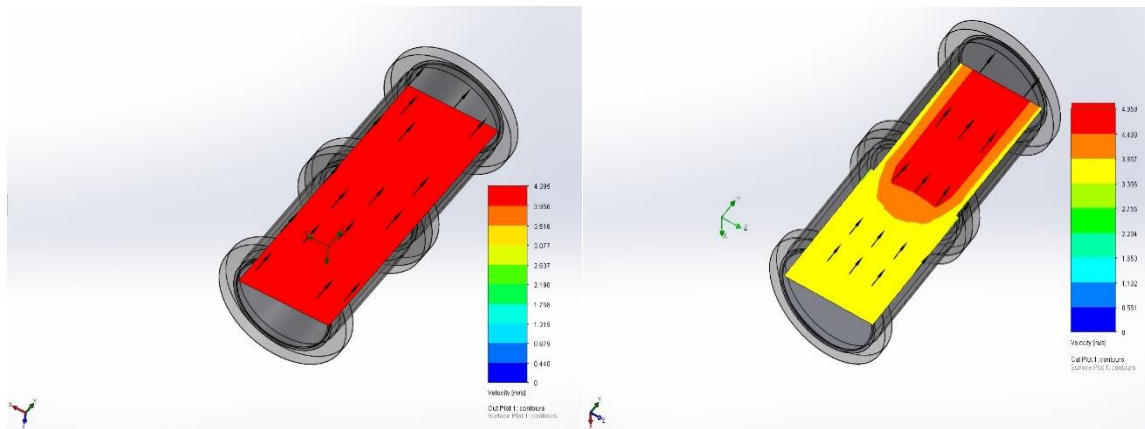
(a)

(b)

Gambar 5 3 Model 3 - Simulasi distribusi tekanan pada pipa dengan reducer

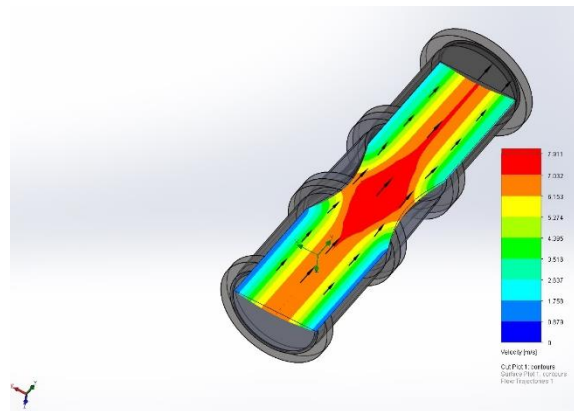
Gambar (a) pada model 3 menunjukkan hasil yang sangat berbeda dengan hasil-hasil sebelumnya. Tekanan terlihat sangat bervariasi mulai dari tepi pipa yang ditandai dengan warna biru (29kPa) hingga menuju tengah meningkat hingga 79kPa yang diindikasikan warna merah. Sedang penggambaran distribusi pada diameter pipa pada gambar b) menunjukkan distribusi yang

juga sangat bervariasi mulai dari tepi pipa hingga menuju pusat pipa. Terlihat juga bahwa tekanan pada pusat pipa yang paling tinggi sangat kecil, yang juga menandakan bahwa tekanan pipa sangat heterogen.



(a)

(b)



(c)

Gambar 5 4 Permodelan Kecepatan Slurry pada (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3

Gambar (a), (b) dan (c) menunjukkan permodelan yang ditunjukkan pada permodelan 1, 2 dan 3 untuk aspek kecepatan slurry pada pipa. Slurry pada model 1 menunjukkan aliran yang sangat homogeny sepanjang pipa penghubung dan pipa keluar dengan kecepatan 4,33128 m/s.

Permodelan kecepatan 1 sangat mirip dengan permodelan tekanannya. Walau demikian, bagian pipa menunjukkan warna biru yang mengindikasikan kecepatan 0m/s. Hal ini disebabkan gaya gesek dari bahan pipa yang menghalangi slurry mengalir sepanjang permukaan bagian dalam pipa. Besarnya gaya gesek ini dipengaruhi banyak factor seperti kekasaran permukaan, kekentalan slurry dan lainnya.

Tidak seperti model 1, simulasi kecepatan untuk model 2 memperlihatkan 2 jenis kecepatan. Sepanjang pipa penghubung, kecepatan stabil pada warna kuning yang tercatat pada 3.3 sampai 3.8 m/s. Namun begitu slurry memasuki diameter yang menyempit pada pipa keluar, maka kecepatan aliran berubah menjadi 4.9 m/s yang diindikasikan dengan warna merah. Terlihat juga warna orange antara warna merah dan warna kuning, yang menunjukkan kecepatan pipa berubah secara bertahap dimulai dari tepi pipa, menuju pada pusat pipa. Perbedaan diameter antara pipa penghubung dan pipa keluar yang terletak pada bagian tengah (penghubung) menghalangi aliran slurry. Perbenturan slurry pada diameter pipa ini membuat aliran balik yang secara tidak langsung menghalangi aliran slurry lainnya dan membuat aliran slurry menjadi lambat. Secara tidak langsung aliran balik fluida ini juga menjadi perisai yang menghalangi benturan fluida lain kepada bagian tepi pipa, itu sebabnya pada Tabel 5.1 terlihat bahwa gaya friski pada permodelan ini menjadi sangat kecil.

Model 3 menunjukkan hasil yang lebih kompleks untuk aliran slurry. Warna biru pada gambar (c) menunjukkan 0m/s, biru muda (1,75m/s), warna hijau (3,5m/s), warna kuning (5,2m/s), orange (6,5m/s) dan warna merah (7,9m/s) mulai dari tepi/pinggiran pipa menuju kepada pusat pipa secara berurutan. Fenomena ini disebabkan pipa 30 inci dan reducer pipa 30 inci menghimpit 28 inci pipa penghubung. Fenomena pada model 2 terjadi pada reducer dan pipa penghubung.

Namun dikarenakan pipa keluar mempunyai diameter yang kemudian diperbesar membuat aliran slurry berubah menjadi turbulen dan membuat aliran seperti ditunjukkan pada gambar.

Perbandingan tekanan-tekanan pada model 1, 2 dan 3 secara rata-rata diperlihatkan pada table 5.1. Begitu juga dengan. Pada Tabel ini juga diperlihatkan perbedaan kecepatan slurry, gaya gesek dan juga tekanan pada pipa keluar. Walau model 2 telah memperlihatkan kenaikan tekanan yang signifikan, namun tekanan yang diperuntukkan pada cyclone pump dipenuhi oleh permodelan 3.

Tabel 5 1 Perbandingan permodelan

	Model I	Model 2	Model 3
<i>Average Pressure</i>	55237 Pa	57352.7 Pa	55289.4 Pa
<i>Discharge Pressure</i>	55296 Pa	59306.9 Pa	79322.5 Pa
<i>Average Velocity</i>	4.3114m/s	4.0078 m/s	4.3899 m/s
<i>Discharge Velocity</i>	4.331 m/s	4.9280 m/s	7.0994 m/s
<i>Friction Force</i>	24.716 N	19.9893 N	21.311N

6. Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan dan permodelan yang telah didiskusikan diatas, diapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Memperkecil diameter/penampang aliran dari fluida/slurry dapat membuat tekanan keluar dari fluida/slurry menjadi besar
2. Walau demikian, memperkecil penampang aliran tidak akan membuat tekanan naik seluruhnya, sebagian fluida akan menabrak gap dan membuat tekanan menjadi tidak homogen. Sehingga tekanan pipa akan semakin besar menuju pusatnya, namun semakin kecil pada bagian tepinya.
3. Memperkecil penampang pipa akan mengurangi gaya friksi pada bagian tepi aliran pipa, yang mempunyai potensi membuat umur pipa menjadi panjang.
4. Penambahan reducer jelas akan memperbesar tekanan jauh lebih tinggi. Walaupun demikian, terdapat ketidakseragaman – baik kecepatan ataupun tekanan – dari mulai tepi pipa menuju kepada bagian pusat pipa. Walau demikian, tekanan pipa berhasil distabilkan sebagian besarnya sehingga memenuhi persyaratan dari cyclone pump yang nantinya akan memfiltrasi mineral dari slurry.

Daftar Pustaka

- [1] A. Sharma, "Basics of Piping," International Journal of Scientific Engineering and Technology, vol. 7, pp. 13 - 16, 2018.
- [2] M. S. Reddy, "Experimental Study of influence of density of fluid on Minor losses," International Journal of Advance in Scientific Research and Engineering, vol. 3, pp. 286 - 291, 2017.
- [3] S.-q. Yang, "Turbulent drag reduction with polymer additive in rough pipes," J.Fluid Mech, vol. 642, pp. 279-294, 2010.
- [4] Q. Quan, "Experimental study on the effect of high-molecular polymer as drag reducer on drag reduction rate of pipe flow," Journal of Petroleum Science and Engineering, vol. 178, pp. 852-856, 2019.
- [5] D. Eskin, "Modeling an Effect of pipe diameter on turbulent drag reduction," Chemical Engineering Science, vol. 162, pp. 66-68, 2016.
- [6] A. Li, "Study on local drag reduction effects of wedge-shaped components in elbow and T-junction close-coupled pipes," BUILD SIMUL, vol. 7, pp. 175 - 184, 2014.
- [7] A. C. Monteiro, "Pressure drop characteristics and rheological modeling of ice slurry flow in pipes," International Journal of Refrigeration, vol. 33, pp. 1523 - 1532, 2010.
- [8] W. Yuan, "Numerical Simulation of Bubble Motion in Horizontal Reducer Pipelines," Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, vol. 5, pp. 517 - 529, 2011.
- [9] White, F.M., "Fluid Mechanics", *volume 1*, Mc Graw-Hill Inc, USA. 1986
- [10] Streeter, Victor L. Wylie, E Benjamin. Priyono, Arko. "Mekanika Fluida (edisi delapan)", jilid 1, Erlaanga, Jakarta. 1988.
- [11] Munson, Bruce R. Young, Donald F. Okiishi, Theodore H. "Fundamentals of Fluid Mechanics (fourth ed.)", Iowa State University. 2010
- [12] Versteeg, H. K. Malalasekera, W. "An Introduction to Computational Fluid Dynamics The Finite Volume Method." New York. John Wiley & Sons. 1995
- [13] Raswari. "Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaan. Jakarta. Universitas Indonesia (UI-Press)". 2007

- [14] Nayar, Mohinder L. "Piping Handbook (seventh ed.)" New York. McGraw Hill. 2000
- [15] Tuakia, Firman. "Dasar–dasar CFD Menggunakan FLUENT". Bandung. Informatika. 2008
- [16] Lemmon, Eric W. Hubber, Marcia L. McLinden, Mark O. "NIST Reference Fluid Therrmodynamic and Transport Properties REFPROP". 2007