

SIMULASI *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* (CFD) ALIRAN FLUIDA PADA SISTEM PERPIPAAN UNTUK DESALINASI AIR LAUT

Handika Yanu Wijaya¹, Joko Setiyono², Sunny Ineza Putri³

^{1,2}Universitas Pamulang, ³Universitas Riau

E-mail : ¹handikayanuwijaya@gmail.com, ²dosen00889@gmail.com, ³sunnyinezap@gmail.com

Masuk : 7 Februari 2024

Direvisi : 16 Maret 2024

Disetujui : 7 April 2024

Abstrak: Proses desalinasi air laut merupakan solusi potensial untuk mengatasi kekurangan air bersih di berbagai daerah. Dalam penelitian ini diusulkan perpipaan untuk komponen alat desalinasi air laut sebagai transportasi air. penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan perpipaan yang cocok digunakan untuk mengalirkan air laut dari tangki penampungan air menuju hot tank untuk desalinasi air laut. Pipa yang digunakan dalam percobaan memiliki ukuran 1/2 inch, 3/4 inch, dan 1 inch. Hasil perhitungan manual menunjukkan bahwa pipa dengan ukuran 1/2 inch memiliki pressure drop tertinggi sebesar 28.595 Pa, sedangkan pipa dengan diameter 1 inch memiliki pressure drop terendah sebesar 19.826 Pa. Metode Simulasi menggunakan Ansys memperlihatkan hasil yang sejalan, dengan pressure drop tertinggi pada pipa 1/2 inch sebesar 29.210 Pa dan terendah pada pipa 1 inch sebesar 20.330 Pa. dari hasil tersebut menunjukkan bahwa dimana semakin kecil pipa, maka semakin besar penurunan tekanannya dan semakin besar laju alirnya maka semakin besar penurunan tekanannya. Perbedaan antara hasil perhitungan matematis dan simulasi menunjukkan variasi maksimum sebesar 9,09% dan minimum sebesar 3,02%. Faktor seperti properti material, kondisi batas, dan meshing yang digunakan dalam simulasi turut mempengaruhi hasil. Adanya perbedaan antara perhitungan manual dan simulasi Meskipun demikian, beberapa faktor seperti asumsi yang berbeda dan non-linearitas sistem dapat berkontribusi pada perbedaan hasil yang teramati.

Kata kunci: Perpipaan, *Pressure Drop*, Desalinasi Air Laut, Simulasi.

Abstract: The seawater desalination process is a potential solution to overcome the shortage of clean water in various regions. In this study, piping is proposed for seawater desalination equipment components as water transportation. This study aims to propose piping that is suitable for transporting seawater from the water storage tank to the hot tank for seawater desalination. The pipes used in the experiment have sizes of 1/2 inch, 3/4 inch, and 1 inch. The results of manual calculations show that a pipe with a size of 1/2 inch has the highest pressure drop of 28,595 Pa, while a pipe with a diameter of 1 inch has the lowest pressure drop of 19,826 Pa. The Simulation Method using Ansys shows consistent results, with the highest pressure drop in a 1/2 inch pipe of 29,210 Pa and the lowest in a 1 inch pipe of 20,330 Pa. from these results it shows that the smaller the pipe, the greater the pressure drop and the greater the flow rate, the greater the pressure drop. The difference between the mathematical calculation and simulation results shows a maximum variation of 9.09% and a minimum of 3.02%. Factors such as material properties, boundary conditions, and meshing used in the simulation also affect the results. There are differences between manual calculations and simulations. However, several factors such as different assumptions and system non-linearity can contribute to the differences in the observed results.

Keywords: Piping, *Pressure Drop*, Seawater Desalination, Simulation.

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan air bersih dalam kehidupan sehari-hari, serta kebutuhan pertanian dan industri, telah mendorong berkembangnya teknologi untuk mengubah air laut menjadi air yang dapat diminum. 97% hingga 97,5% air di permukaan bumi merupakan air asin, 2% diantaranya membeku di daerah kutub, dan 1% sisanya merupakan air tawar yang dapat digunakan untuk minum dan keperluan lainnya oleh manusia, hewan, dan lain-lain. Karena pesatnya peningkatan populasi manusia dan tidak memadainya pengolahan air kotor yang dihasilkan oleh limbah industri, yang menggunakan bahan kimia yang mencemari sumber air bersih, pasokan air minum dari sumber alami semakin berkurang dari hari ke hari [1].

Air payau atau air laut diubah menjadi air minum melalui proses yang disebut desalinasi. Di daerah yang sumber air bersihnya terbatas, desalinasi adalah solusinya. Desalinasi adalah proses menjadikan air payau atau air laut mencapai standar minum, yaitu 200-500 ppm atau kurang untuk total padatan terlarut. Dengan berkembangnya proses desalinasi termal selama 60 tahun terakhir dan perkembangan proses membran selama 40 tahun terakhir, desalinasi telah muncul sebagai sumber penting dalam produksi air minum [2].

Perpipaan merupakan sistem yang digunakan di pabrik dan kilang minyak untuk pemasangan atau pembangunan pipa. Pipa biasanya digunakan untuk memindahkan cairan dan gas dari satu lokasi ke lokasi lain, baik dengan atau tanpa menggunakan peralatan tambahan. Sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan, sistem perpipaan akan mempermudah dan mempercepat pengangkutan cairan yang diinginkan [3].

Sebuah program komputer (perangkat lunak) yang disebut simulasi meniru tindakan sistem asli. Simulasi digunakan untuk pelatihan dan penelitian perilaku sistem. Simulasi adalah abstraksi atau pengulangan permasalahan dunia nyata ke dalam model matematika. Dengan menggunakan model sistem nyata, simulasi merupakan suatu pendekatan untuk melakukan eksperimen.

Komputer digunakan dalam dinamika fluida komputasi (CFD) untuk menghasilkan data tentang bagaimana fluida mengalir dalam kondisi tertentu. CFD digunakan untuk meramalkan aliran fluida dalam sistem tertentu dalam keadaan yang telah ditentukan. Banyak bidang akademik, termasuk matematika, ilmu komputer, fisika, dan teknik, tercakup dalam CFD. Baik profesional maupun akademisi semakin banyak menggunakan perangkat lunak CFD untuk mendukung proses desain. Agar dapat menghasilkan hasil yang akurat, CFD ini mencoba memberikan metode simulasi yang tepat. Temuan ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh praktisi dan akademisi saat menggunakan metode CFD untuk merancang [4].

Beberapa penelitian terdahulu simulasi aliran fluida menggunakan program *Computational Fluid Dynamics* (CFD) melalui perangkat lunak FLUENT untuk menganalisis pengaruh geometri komponen pipa dan kekasaran permukaan pipa terhadap kinerja pompa dan penurunan tekanan yang terjadi. Hasil simulasi tersebut memberikan informasi berharga untuk mengoptimalkan desain sistem perpipaan guna meningkatkan efisiensi aliran fluida dan mengurangi kerugian tekanan yang dapat mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan.

METODOLOGI

2.1 Alat

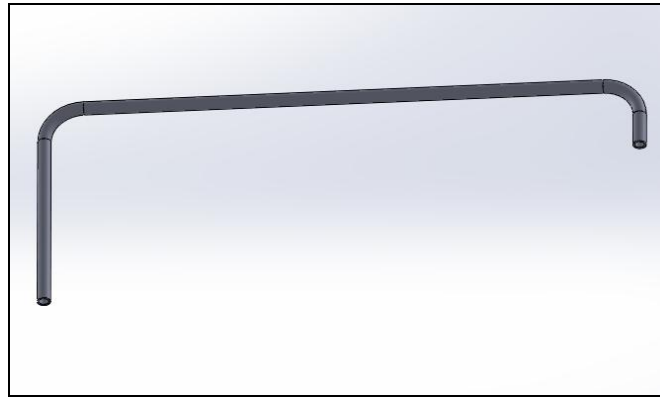
Dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak Solidworks 2024 dan Ansys Fluent 2024 R1, laptop ASUS A407U digunakan untuk merancang dan mensimulasikan perpipaan untuk desalinasi air laut. Karakteristik laptop ini meliputi prosesor Intel Core i3 6006U dual-core yang berjalan pada 2 GHz, RAM 8 GB, HDD 1 TB, layar 14 inci dengan 1366 x 768 piksel, Windows 10 64-bit, dan grafis Intel HD Graphics 520 dengan Memory 2 GB. Desain perpipaan 3D dibuat dengan perangkat lunak Solidworks, dan distribusi aliran fluida sistem dihasilkan dengan mensimulasikan desain dengan Ansys menggunakan pendekatan *Computational Fluid Dynamics*.

2.2 Bahan

Komponen utama sistem perpipaan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pipa PVC ukuran 1/2 inch, 3/4 inch, dan 1 inch untuk distribusi dan aliran fluida, sambungan pipa untuk menyambung dua pipa menggunakan ulir atau pengelasan, siku pipa 90 derajat untuk mengubah arah aliran, dan tee untuk menghubungkan pengukur tekanan. Selain itu, sensor pengukur aliran digunakan untuk mendeteksi laju aliran, dan pengukur tekanan digunakan

untuk mengukur tekanan fluida. Katup bola digunakan untuk kontrol aliran, yang memungkinkan aliran terbuka atau tertutup sepenuhnya.

2.3 Desain Alat Pipa



Gambar 1. Gambar Desain Pipa Menggunakan Solidworks

2.4 Metode Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dengan mengolah data berdasarkan aspek teknis, berikut adalah tahapan perhitungan yang dapat dilakukan :

2.4.1 Debit Aliran Fluida

Debit aliran fluida adalah volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang dalam waktu tertentu, dan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut [5].

$$Q = \frac{v}{t} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan : Q = Debit aliran (m³/s)

v = Volume (m³)

t = Selang waktu (s)

2.4.2 Laju Aliran Fluida

Laju aliran fluida adalah jarak yang ditempuh oleh fluida dalam waktu tertentu. Laju aliran fluida secara sistematis dapat dinyatakan dengan persamaan berikut [6].

$$V = \frac{Q}{2,448 \times D} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan : V = laju aliran (m/s)

Q = debit aliran (m³/s)

D = diameter dalam pipa (m)

2.4.3 Viskositas

Viskositas adalah metrik yang menunjukkan ketebalan suatu cairan dan, akibatnya, tingkat gesekannya. Selain membuat cairan lebih sulit mengalir, viskositas yang lebih tinggi juga membuat objek lebih sulit bergerak di dalam cairan. Viskositas fluida yang mengalir melalui pipa diukur berdasarkan persamaan [7]:

$$\mu = \frac{\pi \times r^2 \times t \times P}{8 \times v \times L} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan : r = Jari-jari dalam pipa (m)
 t = Waktu (s)
 P = Tekanan (kgf/m²)
 v = Volume fluida (m³)
 L = Panjang pipa (m)

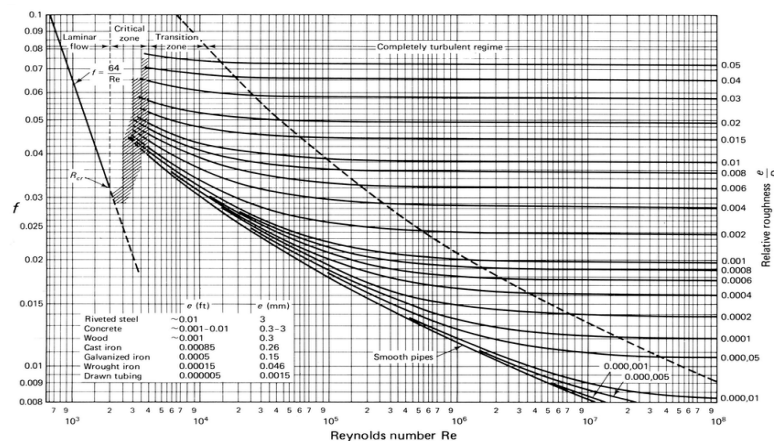
2.4.4 Bilangan Reynold

Bilangan Reynolds digunakan untuk menunjukkan karakteristik utama aliran, termasuk apakah aliran tersebut laminar, turbulen, atau transisi, serta di mana aliran tersebut berada pada skala yang menunjukkan seberapa penting kecenderungan turbulen dibandingkan dengan kecenderungan laminar. Rumus untuk menghitung bilangan Reynolds [8]:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan : ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)
 V = Laju aliran fluida (m/s)
 D = Diameter dalam pipa (m)
 μ = Viskositas (kg/ms)

2.4.5 Faktor Gesekan



Gambar 2. Diagram Moody

Dengan menggunakan faktor gesekan pipa (f) dari rumus Darcy-Weisbach, diagram Moody telah digunakan untuk memecahkan masalah aliran fluida dalam pipa. Faktor gesekan berkorelasi dengan bilangan Reynolds dalam aliran laminar ketika bilangan Reynolds kurang dari 2300., menurut Streeter (1992) dinyatakan dengan rumus:

$$f = \frac{64}{Re} \dots \dots \dots (5)$$

Diagram Moody juga sebagai fungsi dari bilangan Reynolds dan kekasaran relatif digunakan untuk menentukan nilai faktor gesekan untuk aliran turbulen. Nilai tersebut dapat diamati dalam diagram Moody sebagai fungsi dari diameter pipa nominal dan kekasaran permukaan bagian dalam (e), yang bergantung pada jenis komponen pipa [9].

2.4.6 Pressure Drop

Istilah pressure drop mengacu pada pengurangan tekanan dari satu titik dalam aliran air atau pipa. Secara matematis, pressure drop pada pipa adalah sebagai berikut [10]:

$$\Delta p = f \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan : ΔP = pressure drop (Pa)

l = panjang pengukuran tekanan pada pipa (m)

D = diameter pipa (m)

ρ = densitas fluida (kg/m³)

v = laju aliran fluida (m/s)

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Data Dan Perhitungan

Berdasarkan analisis, di bawah ini merupakan data sheet dari pipa penyalur

Tabel 1. Data Sheet Dari Pipa Penyalur

Fluida	Air Laut
Lokasi Jalur Pipa	Dari tangki Penampungan Air Ke Hot Tank
Panjang pipa	161 cm
Ukuran pipa	1/2 Inch, 3/4 inch, 1 Inch
Kecepatan Aliran	(500 ml) = 2,48 s, (750 ml) = 3,76 s
Material	PVC
Valve	1 Units
Siku Pipa	2 Units
Tekanan Kerja	0,492.148 kgf/m ² (0.7 Psi)

pada perhitungan matematis, total keseluruhan pressure drop pada diameter pipa 1/2 inch, 3/4 inch, dan 1 inch. Pada variasi volume 500 ml dan 750 ml, Data menunjukkan bahwa dimana semakin kecil pipa, maka semakin besar penurunan tekanannya dan semakin besar laju alirnya maka semakin besar penurunan tekanannya. Dan volume fluida yang berbeda menghasilkan nilai pressure drop yang berbeda pula. Hal ini terjadi karena variasi volume memengaruhi kecepatan aliran, yang berkontribusi pada perubahan nilai pressure drop meskipun diameter pipa tetap konstan.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Matematis Pressure Drop Pada Variasi 500 mL

Ukuran Pipa	Pressure Drop
1/2 inch	28.595 Pa
3/4 inch	26.090 Pa

1 inch	20.238 Pa
--------	-----------

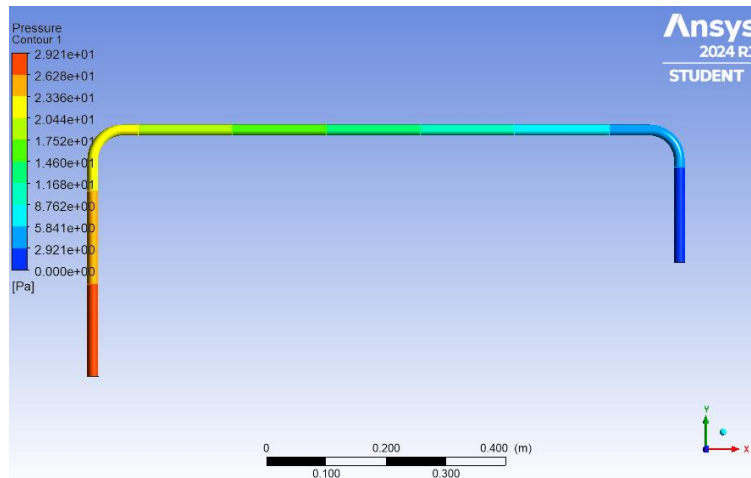
Tabel 3. Hasil Perhitungan Matematis Pressure Drop Pada Variasi 750 mL

Ukuran Pipa	Pressure Drop
1/2 inch	27.971 Pa
3/4 inch	25.534 Pa
1 inch	19.826 Pa

3.2 Hasil Simulasi

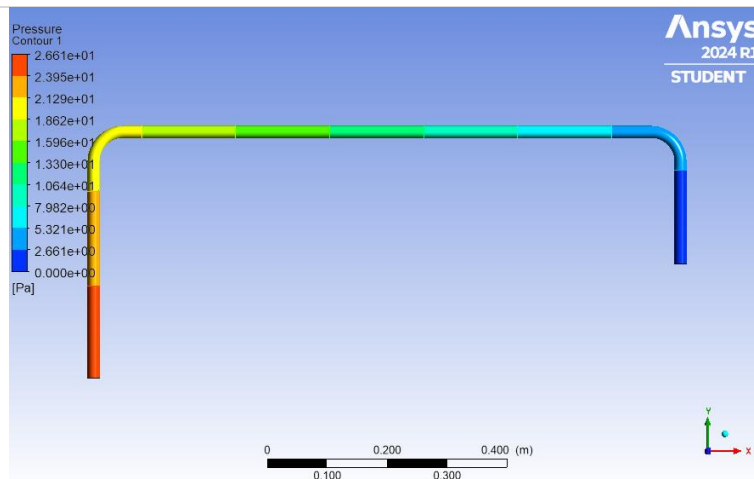
Berdasarkan analisis, di bawah ini merupakan simulasi perpipaan dengan ukuran 1/2 inch, 3/4 inch, dan 1 inch. Dengan variasi 500 ml dan 750 ml

3.2.1 Hasil Simulasi Pada Variasi 500 ml



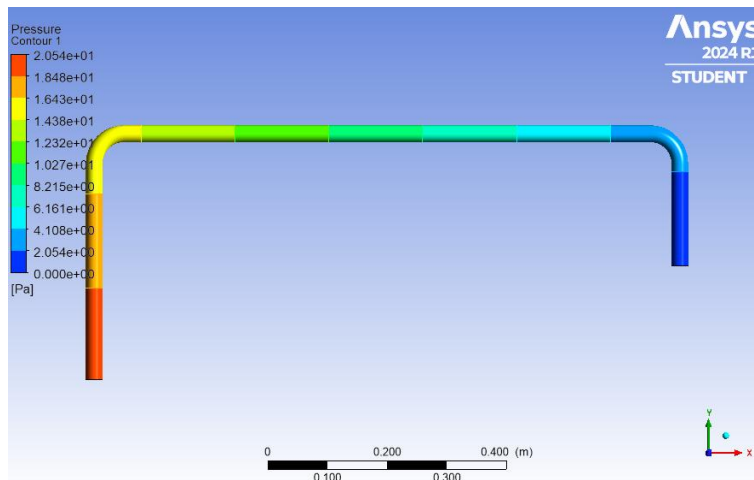
Gambar 3. Aliran Pressure Drop Pada Pipa 1/2 Inch Pada Variasi 500 mL

Pada Gambar 3, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 29.210 Pa sampai dengan 20.440 Pa, saat fluida melewati belokan (Elbow) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 17.520 Pa sampai dengan 2.921 Pa.



Gambar 4. Aliran Pressure Drop Pada Pipa 3/4 Inch Pada Variasi 500 mL

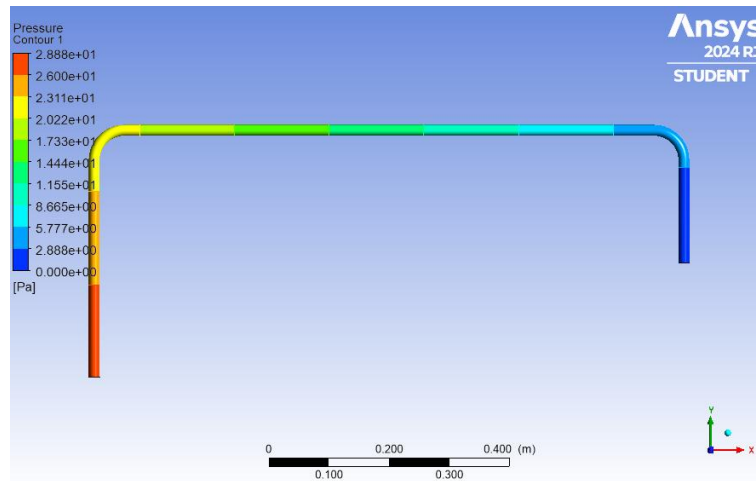
Pada Gambar 4, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 26.610 Pa sampai dengan 18.620 Pa, saat fluida melewati belokan (Elbow) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 15.960 Pa sampai dengan 2.661 Pa.



Gambar 5. Aliran Pressure Drop Pada Pipa 1 Inch Pada Variasi 500 mL

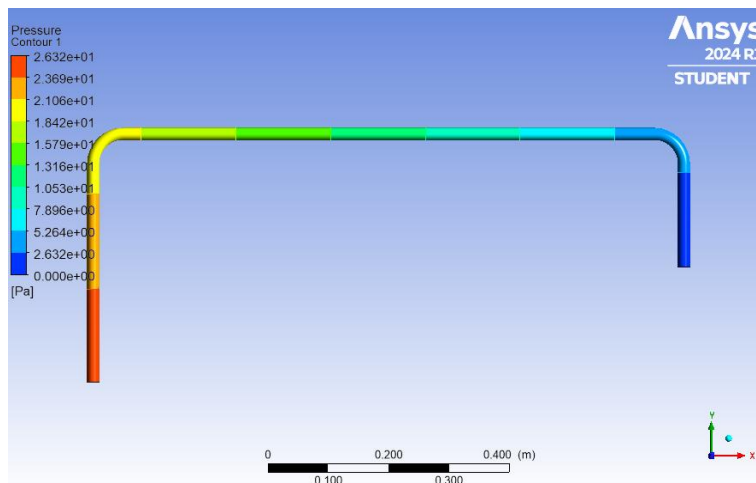
Pada Gambar 5, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 20.540 Pa sampai dengan 14.380 Pa, saat fluida melewati belokan (Elbow) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 12.320 Pa sampai dengan 2.054 Pa.

3.2.2 Hasil Simulasi Pada Variasi 750 ml



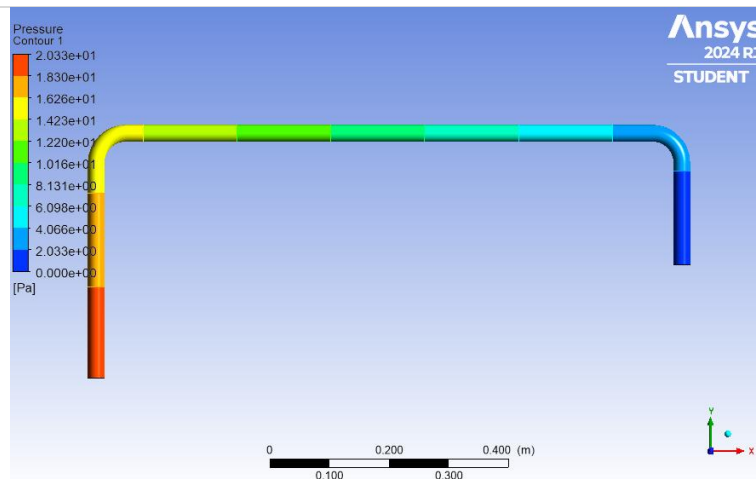
Gambar 6. Aliran Pressure Drop Pada Pipa 1/2 Inch Pada Variasi 750 mL

Pada Gambar 6, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 28.880 Pa sampai dengan 20.220 Pa, saat fluida melewati belokan (Elbow) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 17.330 Pa sampai dengan 2.888 Pa.



Gambar 7. Aliran Pressure Drop Pada Pipa 3/4 Inch Pada Variasi 750 mL

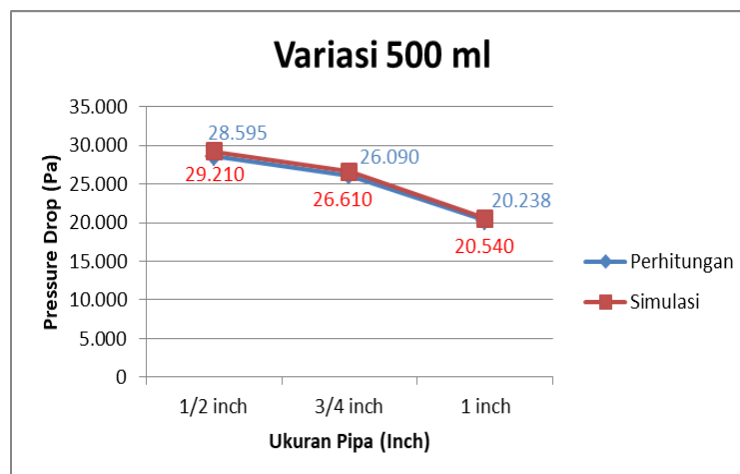
Pada Gambar 7, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 26.320 Pa sampai dengan 18.420 Pa, saat fluida melewati belokan (Elbow) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 15.790 Pa sampai dengan 2.632 Pa.



Gambar 8. Aliran Pressure Drop Pada Pipa 1 Inch Pada Variasi 750 mL

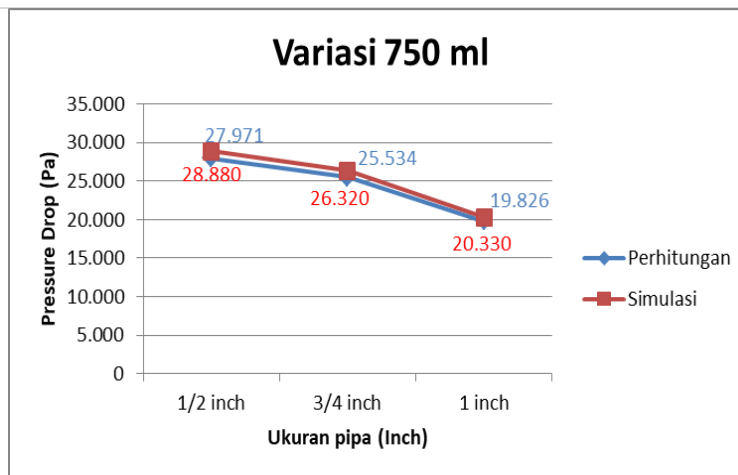
Pada gambar 8, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 20.330 Pa sampai dengan 14.230 Pa, saat fluida melewati belokan (Elbow) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 12.200 Pa sampai dengan 2.033 Pa.

3.3 Perbandingan Perhitungan Dan Simulasi



Grafik 1. Perbandingan Perhitungan Dan Simulasi Pada Variasi 500 mL

Pada perhitungan matematis, pipa dengan nilai pressure drop tertinggi adalah pipa 1/2 inch dengan nilai sebesar 28.595 Pa, sedangkan pada simulasi, 1/2 inch memiliki nilai pressure drop tertinggi sebesar 29.210 Pa. Sementara itu, pipa dengan nilai pressure drop terendah pada perhitungan adalah 1 inch dengan nilai 20.238 Pa, dan pada simulasi pipa 1 inch memiliki nilai pressure drop terendah sebesar 20.540 Pa.



Grafik 2. Perbandingan Perhitungan Dan Simulasi Pada Variasi 500 mL

Pada perhitungan matematis, pipa dengan nilai pressure drop tertinggi adalah pipa 1/2 inch dengan nilai sebesar 27.971 Pa, sedangkan pada simulasi, 1/2 inch memiliki nilai pressure drop tertinggi sebesar 28.880 Pa. Sementara itu, diameter pipa dengan nilai pressure drop terendah pada perhitungan adalah 1 inch dengan nilai 19.826 Pa, dan pada simulasi pipa 1 inch memiliki nilai pressure drop terendah sebesar 20.330 Pa.

KESIMPULAN

Dalam analisis ini, pengaruh pressure drop terhadap aliran air laut melalui pipa dengan ukuran 1/2 inch, 3/4 inch, dan 1 inch, memberikan wawasan penting mengenai hubungan antara ukuran pipa dan kecepatan aliran. Data menunjukkan bahwa dimana semakin kecil pipa, maka semakin besar penurunan tekanannya dan semakin besar laju alirnya maka semakin besar penurunan tekanannya.

Analisis juga dilakukan pada variasi volume fluida sebanyak 500 ml dan 750 ml dengan ukuran pipa yang tetap konstan. Hasil menunjukkan bahwa volume fluida yang berbeda menghasilkan nilai pressure drop yang berbeda pula. Hal ini terjadi karena variasi volume memengaruhi kecepatan aliran, yang berkontribusi pada perubahan nilai pressure drop meskipun diameter pipa tetap konstan.

Pada simulasi Ansys dengan variasi volume 500 ml, nilai pressure drop pada pipa 1/2 inch adalah 29.210 Pa, pipa 3/4 inch adalah 26.610 Pa, dan pipa 1 inch adalah 20.540 Pa. Sedangkan pada volume 750 ml, nilai pressure drop pada pipa 1/2 inch adalah 28.880 Pa, pipa 3/4 inch adalah 26.320 Pa, dan pipa 1 inch adalah 20.330 Pa.

Perbandingan antara perhitungan matematis dan simulasi Ansys menunjukkan adanya perbedaan hasil dengan deviasi maksimum sebesar 9,09% dan deviasi minimum sebesar 3,02%. Simulasi dilakukan dengan memperhatikan berbagai parameter seperti property, material, kondisi batas, dan meshing yang sesuai untuk mendapatkan hasil yang mendekati perhitungan manual. Meskipun demikian, beberapa faktor seperti asumsi yang berbeda dan non-linearitas sistem dapat berkontribusi pada perbedaan hasil yang teramati.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Siregar, W. S. Damanik, and S. Lubis, "Analisa Energi pada Alat Desalinasi Air Laut Tenaga Surya Model Lereng Tunggal," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 1, p. 193, 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.01.21.
- [2] A. A. Ragetisvara and H. S. Titah, "Studi Kemampuan Desalinasi Air Laut Menggunakan Sistem Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) pada Kapal Pesiar," *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i2.63933.
- [3] A. Fathoni, P. Subekti, and L. Hakim, "Pembuatan dan Pengujian Alat Uji Sistem Perpipaan Skala Laboratorium," *Aptek*, vol. 14, no. 2, pp. 87–93, 2022, doi: 10.30606/aptek.v14i2.1280.
- [4] M. M. Bhatti, M. Marin, A. Zeeshan, and S. I. Abdelsalam, "Editorial: Recent Trends in Computational Fluid Dynamics," *Front. Phys.*, vol. 8, no. October, pp. 1–4, 2020, doi: 10.3389/fphy.2020.593111.

-
- [5] J. Malau and T. Sitepu, "Analisa Pressure Drop pada Sistem Perpipaan Fuel Oil Boiler pada PT.PLN Pembangkitan Sumatera Bagian Utara Sicanang-Belawan dengan Menggunakan Pipe Flow Expert," *J. e-Dinamis*, vol. 3, no. 3, pp. 164–171, 2012.
- [6] E. Yohana and I. A. Saputra, "Analisa Pressure Drop Dalam Instalasi Pipa Pt.Pertamina Drilling Services Indonesia Dengan Pendekatan Bingham Plastic," *Rotasi*, vol. 17, no. 4, p. 170, 2015, doi: 10.14710/rotasi.17.4.170-174.
- [7] P. Lumbantoruan and E. Yulianti, "Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Pelumas (Oli)," *J. Sainmatika*, vol. 13, no. 2, pp. 26–34, 2016.
- [8] H. M. Hariyono, Gatut Rubiono, "STUDY EKSPERIMENTAL PERILAKU ALIRAN FLUIDA Jurnal Prodi Teknik Mesin Universitas PGRI Banyuwangi Jurnal Prodi Teknik Mesin Universitas PGRI Banyuwangi," *J. Prodi Tek. Mesin Univ. PGRI Banyuwang*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2016.
- [9] B. Santosa, "Analisa Optimasi Analisa Optimasi Diameter Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Dengan Menggunakan Software EPANET, LINGO di Jalur Sentul City PDAM Tirta Kahuripan Kabupaten Bogor," *Rekayasa Sipil*, vol. 14, no. 2, pp. 136–142, 2020, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2020.014.02.8.
- [10] Nurnawaty and Sumardi, "Analisis Perubahan Tinggi Tekanan Akibat Sudut Belokan 900 Dan 450 Dengan Menggunakan Fluid Friction Apparatus," *J. Tek. Hidro*, vol. 13, no. 1, pp. 28–37, 2020.