



Simulasi Numerik Sistem *Water Oil Separator* Menggunakan *Software* Dinamika Fluida

Ihat Solihat^{1a)}, Afif Suma Prasetyo¹, Perdamean Sebayang², Anggito Pringgo
Tetuko², Achmad Maulana Soehada Sebayang¹, dan Mohamad Nasrun¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Pamulang 15417, Tangerang Selatan, Indonesia

²Pusat Penelitian Fisika, Badan Riset Indonesia, Serpong 15314, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail: ^{a)}dosen00990@unpam.ac.id

Received : 21 September 2021

Revision : 12 Oktober 2021

Accepted: 20 November 2021

Abstrak: *Computational fluid dynamic (CFD)* digunakan sebagai simulasi untuk memodelkan pemisahan multiphase dalam desain pemisahan *diseparator*. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan air dan minyak pada sistem *water- oil separator*, untuk mengetahui distribusi (kontur) kecepatan air dan minyak pada *inlet* sistem *water-oil separator*, untuk mengetahui distribusi (kontur) tekanan pada outlet dengan tekanan pada sistem *water-oil separator*. Dalam penelitian ini memiliki batasan pada fluida yang digunakan jenis dua fasa minyak dan air, menggunakan model aliran multiphase, *pressure outlet* yang digunakan 0,1 bar, tipe meshing yang digunakan tipe tetrahedral dengan ukuran 5 mm. Metode yang digunakan dalam analisa tersebut adalah perhitungan analitik dengan simulasi *Computational Fluid Dyanamic (CFD)*. Terdapat variasi kecepatan inlet yaitu 0,264 m/s, 0,4 m/s, 0,528 m/s, 0,664 m/s, 0,8 m/s. dengan tekanan outlet 0,1 bar dengan kecepatan inle sebesar 0,264 m/s, 0,4 m/s, 0,528 m/s, 0,664 m/s, 0,8 m/s. Dari pengujian dengan simulasi *simscale* dapat disimpulkan bahwa kecepatan terendah terdapat pada variasi 0,264 m/s dengan kecepatan maksimum dapat mencapai 0.023 m/s dan kecepatan tertinggi terdapat pada variasi 0,8 m/s dengan kecepatan maksimum 0.071 m/s. Pada tekanan pada outlet tekanan yang paling rendah sebesar 147393 Pa, pada variasi kencepatan inlet 0,264 m/s, dan tertinggi tekanan outlet pada variasi 0,8 m/s sebesar 446590 Pa. Pengaruh kecepatan minyak dan air juga mempengaruhi pola aliran fluida menjadi turbulen dan mengakibatkan pemisahan menjadi cepat.

Kata Kunci: *Computational Fluid Dynamics (CFD)*, Distribusi Contur, Kecepatan, dan Tekanan.

Abstract: *Computational fluid dynamics (CFD)* was used as a simulation to model multiphase separation in the separator design. This study aims to determine the effect of variations in air and oil velocity on the *water-oil separator* system, to determine the distribution (contour) of air and oil velocity at the *water-oil separator inlet* system, to determine the distribution (contour) of pressure at the outlet with pressure on the system. *water-oil separator*. In this study, the fluid used is two-phase oil and water, using a multiphase flow model, the outlet pressure used is 0.1 bar, the meshing type used is a tetrahedral type with a size of 5 mm. The method used in the analysis is an analytical calculation with computational fluid dynamics (CFD) simulation. There are variations in the inlet speed, namely 0.264 m/s, 0.4 m/s, 0.528 m/s, 0.664 m/s, 0.8 m/s. with an outlet pressure of 0.1 bar with an inle velocity of 0.264 m/s, 0.4 m/s, 0.528 m/s, 0.664 m/s, 0.8 m/s. From testing with *simscale* simulation, it can be simulated that the lowest speed is found in variations of 0.264 m/s with a maximum speed of 0.023 m/s and the highest speed is found in variations of 0.8 m/s with a maximum speed of 0.071 m/s. At the pressure at the outlet the lowest pressure is 147393 Pa, the inlet velocity variation is 0.264 m/s, and the highest pressure at the outlet is at a variation of 0.8 m/s is 446590 Pa. The effect of oil and air velocity also affects the fluid flow pattern to become turbulent and result in rapid separation.

Keywords: *Computational Fluid Dynamics (CFD)*, *Contours Distribution, Velocity, and Pressure.*

PENDAHULUAN

Permintaan minyak serta gas terus meningkat bersamaan dengan populasi di dunia serta pertumbuhan teknologi. Sekitar 80% dari kebutuhan dunia menggunakan bahan bakar fosil pada tahun 2010. Minyak mentah pada umumnya dibuat dalam wujud emulsi air serta minyak. Sebelum menjadi produk yang berharga, pengolahan minyak dilakukan dengan cara kimia, listrik serta mekanik umumnya digunakan untuk memisahkan fase air serta minyak. Permodelan serta simulasi digunakan untuk mengurangi waktu serta biaya dalam desain separator. *Computational fluid dynamic (CFD)* merupakan perlengkapan yang bermanfaat yang bisa membagikan hasil yang normal dari pengetahuan serta pemikiran kedepan tentang sikap aliran bila simulasi diatur dengan tepat. *Computational fluid dynamic (CFD)* digunakan untuk mevalidasi serta membagikan kriteria yang lebih baik untuk membuat desain *separator* [1].

Computational fluid dynamic (CFD) digunakan sebagai alat untuk memodelkan pemisahan multiphase secara gravitasi horizontal serta digunakan dalam desain pemisah melalui studi *retrofit*. Pemisah ini merupakan unit operasi pertama di hilir produksi minyak untuk memisahkan produksi air, gas dan minyak mentah secara kritis. Studi awal tentang CFD melibatkan pemecahan pemisah air dan minyak menjadi beberapa wilayah yang dianalisis secara terpisah. Pemisahan air dan minyak dimodelkan menggunakan model multiphase dengan medan kecepatan dan viskositas yang ditentukan emulsinya. serta didasarkan pada viskositas oli dengan fraksi volume air. penggunaan viskositas campuran dengan volume ini telah digunakan secara konsisten dan dapat dipahami dengan baik bahwa emulsi air dalam minyak menunjukkan peningkatan viskositas nyata atau efektif dengan fraksi fasa air yang dapat menjadi lebih besar dari pada viskositas masa minyak secara kontinu yang dapat mempengaruhi prediksi pemisah air dan minyak [2].

Fluida adalah zat yang dapat bergerak jika diberikan gaya. fluida dapat berubah bentuk dan tidak permanen. fluida membentuk berbagai jenis padatan sesuai dengan bentuk benda yang dilaluinya. Karakteristik aliran fluida meliputi tekanan statis, tekanan dinamis, tekanan total, kecepatan fluida, dan tegangan geser [3].

Debit aliran adalah laju aliran fluida atau kecepatan aliran fluida yang menyatakan besaran volume fluida yang mengalir dalam satuan waktu [3].

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

Atau:

$$Q = A v \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- Q : Debit Aliran (m^3/s)
- A : Luas Penampang (m^2)
- v : Kecepatan Aliran Fluida (m/s)
- V : Volume Fluida (m^3)

Persamaan kontinuitas menggambarkan hubungan antara kecepatan fluida yang masuk ke dalam pipa dan kecepatan fluida yang keluar dari pipa [3].

$$Q_1 = Q_2 \dots \dots \dots (3)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

- A_1 : Luas Penampang 1 (m^2)
- v_1 : Kecepatan Aliran Fluida 1 (m/s)
- A_2 : Luas Penampang 2 (m^2)
- v_2 : Kecepatan Aliran Fluida 2 (m/s)

Bilangan Reynolds digunakan untuk menentukan sifat utama aliran, apakah aliran Aliran laminar, aliran transisi atau turbulen dan posisinya pada skala menunjukkan kepentingan relatif aliran turbulen dibandingkan dengan aliran laminar. bilangan *Reynolds* dinyatakan dengan [4].

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

- ρ : Massa Jenis Fluida (Kg/m³)
- v : Kecepatan Aliran Fluida (m/s)
- D : Diameter Pipa (m)
- μ : Viskositas Dinamik (Ns/m²)

Persamaan Bernoulli adalah persamaan yang menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan fluida juga mempengaruhi penurunan tekanan fluida. Persamaan Bernoulli memberikan hubungan antara tekanan, kecepatan, dan posisi atau ketinggian dua titik kerapatan dalam medan aliran [5].

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{Konstan} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

- P : Tekanan Fluida (Pa)
- ρ : Massa Jenis Fluida (Kg/m³)
- g : Percepatan Gravitasi (m/s²)
- h : Head / Tinggi Elevasi (m)
- v : Kecepatan Aliran Fluida (m/s)

Diameter hidrolis adalah empat kali luas penampang aliran dibagi dengan keliling basah (P) pipa. Diameter hidrolis mewakili panjang karakteristik yang mendefinisikan dimensi penampang dari bentuk tertentu. Faktor 4 ditambahkan ke definisi Dh. Sehingga diameter hidrolis tabung penampang persegi sama dengan diameter tabung penampang lingkaran [6].

$$D_h = \frac{4(\pi D^2/4)}{\pi D} = D \dots \dots \dots (7)$$

Dimana :

- D : Diameter Pipa (m)
- π : Phi (3,14 atau 22/7)

$$D_h = \frac{2(ab)}{(a + b)} \dots \dots \dots (8)$$

Dimana :

- a : Tinggi Diameter
- b : Panjang Diameter

Separator adalah bejana tekan yang digunakan untuk memisahkan campuran fluida berdasarkan perbedaan kepadatan. *Separator* memiliki dua jenis pemisah yaitu *separator* dua fasa (*two phase*) dan tiga fasa (*three phase*) [7].

Penelitian ini bertujuan untuk permodelan distribusi pemisah air dan minyak dan Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan air, distribusi (kontur) kecepatan pada sistem *water-oil separator*, distribusi (kontur) tekanan pada sistem *water-oil separator*

METODOLOGI

Metodologi penelitian adalah cara mengetahui sesuatu untuk menemukan, mengembangkan atau menguji kebenaran secara sistematis, logis dan empiris menggunakan metode ilmiah [8].

Pada penelitian ini dilakukan secara numerik dengan metode *Computer Fluid Dynamic* (CFD) menggunakan *software simscale*. dengan menggunakan perangkat Komputer core i5-2500 dengan spesifikasi prosesor @3.300 GHZ, VGA 1 GB, 64 BIT, RAM 4 GB, DDR3, HDD 500 GB. Pada simulasi ini menggunakan model *Volume Of Fluid* (VOF), dengan jenis aliran turbulen RNG k- ϵ , dan kondisi *steady*. Simulasi ini menggunakan fluida air dan minyak, dengan variasi kecepatan inlet air dan kecepatan inlet minyak.

Tabel 1. Data Geometri Pada *Separator*

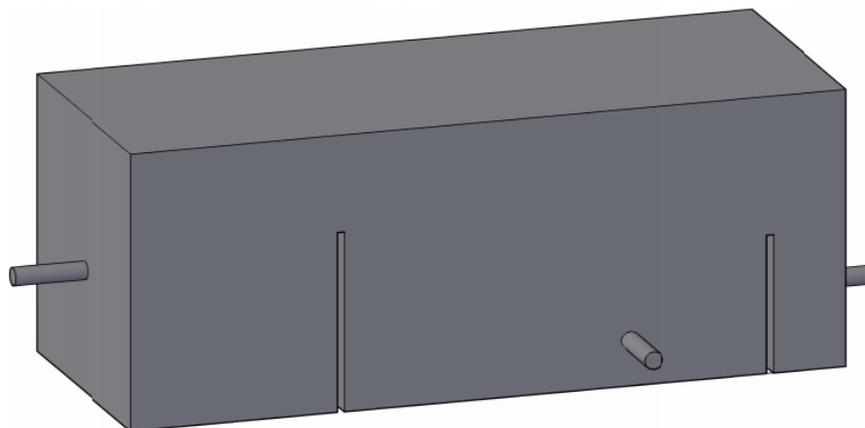
Spesifikasi	Ukuran (m)
<i>Water-Oil Separator</i>	0,5 x 0,2 x 0,2
<i>Baffle 1</i>	0,2 x 0,13
<i>Baffle 2</i>	0,2 x 0,10
<i>Diameter Water-Oil Mixture Inlet</i>	0,0127
<i>Diameter Water Outlet</i>	0,0127
<i>Diameter Oil Outlet</i>	0,0127

Tabel 2. Data Material Air Dan Pertamina Dex

Material	Densitas (kg/m ³)	Viskositas kinematic (m ² /s)
Air	997,3	9.338e-7
Pertamina dex	820	2

Tabel 3. Variasi Kecepatan

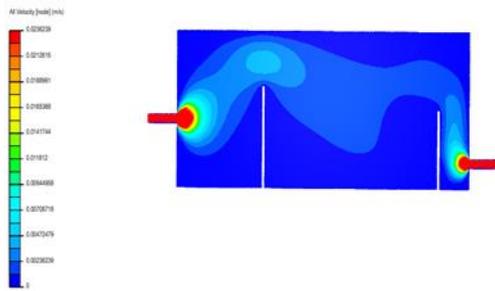
No simulasi	Kecepatan (m/s)
1	0,264
2	0,4
3	0,528
4	0,664
5	0,8



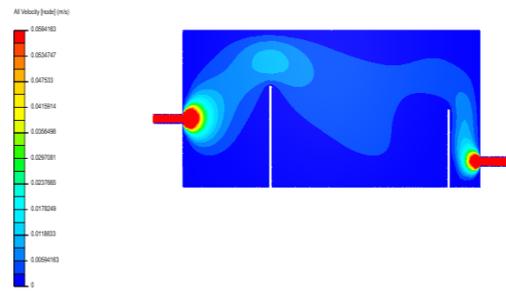
Gambar 1. Desain *separator*

HASIL DAN PEMBAHASAN

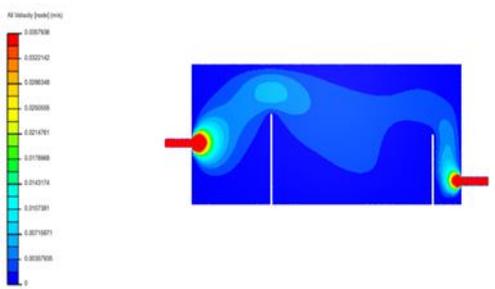
Dari hasil pengujian didapatkan hasil simulasi distribusi kecepatan dan tekanan menggunakan *software simscale*.



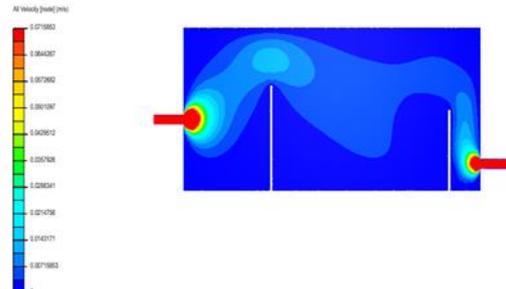
Gambar 2. Simulasi kontur kecepatan 0,264 m/s



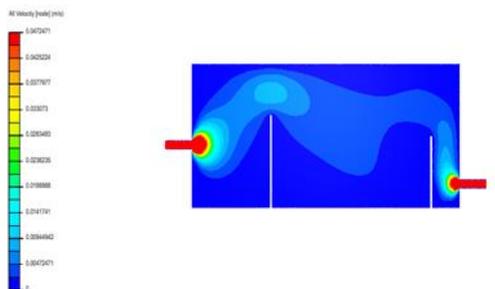
Gambar 5. Simulasi kontur kecepatan 0,664 m/s



Gambar 3. Simulasi kontur kecepatan 0,4 m/s



Gambar 6. Simulasi kontur kecepatan 0,8 m/s

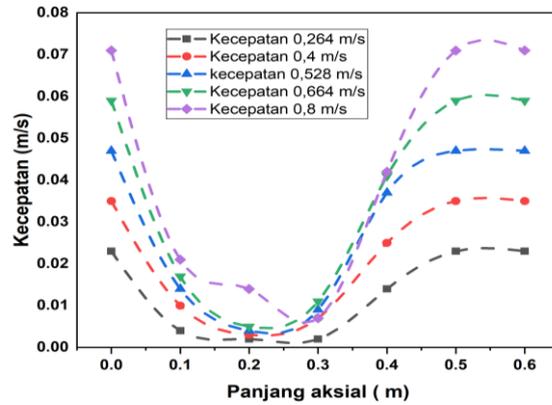


Gambar 4. Simulasi kontur kecepatan 0,528 m/s

Hasil simulasi kontur *velocity* dengan variasi kecepatan 0,264, 0,4, 0,528, 0,664 0,8 m/s menunjukkan kontur kecepatan fluida pertama dex dan air dimana kecepatan tinggi terjadi pada sisi *inlet*, *outlet* air dan *outlet* minyak. Pada saat fluida dialirkan kecepatan fluida mengalami penurunan kecepatan. Dimana aliran menunjukkan *turbulen* sehingga mengakibatkan pemisahan antara fluida minyak dan air menjadi cepat. Untuk fluida air akan berada paling bawah karena mempunyai densitas yang tinggi dan bergerak menuju *outlet* air. Sedangkan pada fluida minyak (pertamina dex) akan bergerak melwati baffle kedua tetesan minyak akan jatuh kebawah menuju *outlet* minyak (pertamina dex).

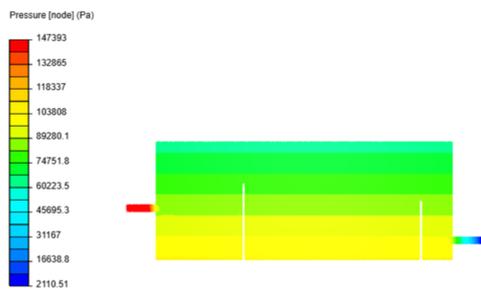
Dari simulasi Gambar 2,3,4,5,6 dapat disimpulkan semakin kecil ukuran diameter, maka nilai kecepatan aliran semakin besar, namun semakin besar ukuran diameter maka semakin kecil nilai kecepatan aliran. Sesuai dengan asas kontinuitas hukum bernouli [9].

Pada grafik kecepatan terhadap panjang aksial, data ini diambil dari hasil simulasi pada kontur pressure dengan beberapa variasi kecepatan di inlet, dengan variasi kecepatan inlet 0,264 m/s, dengan variasi kecepatan inlet 0,4 m/s, dengan variasi kecepatan inlet 0,528 m/s, dengan variasi kecepatan inlet 0,664 m/s, dengan variasi kecepatan inlet 0,8 m/s, diolah menjadi grafik.

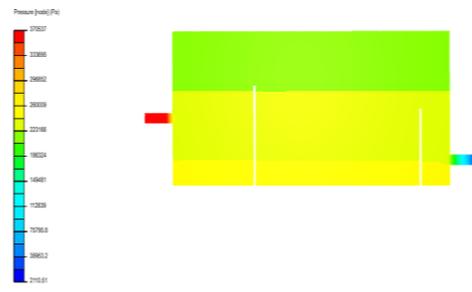


Gambar 7. Grafik Kecepatan (*Velocity*) Terhadap Panjang Aksial

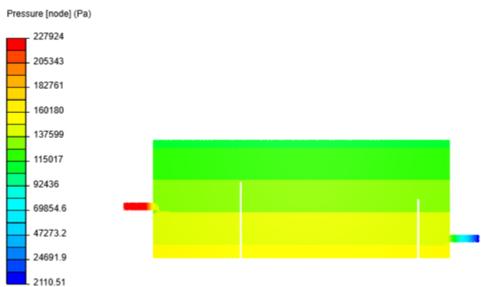
Dari grafik kecepatan terhadap panjang aksial dimana pada pada saluran inlet nilai kecepatan aliran tinggi dan semakin bertambahnya panjang aksial maka kecepatan aliran semakin rendah dan pada saat aliran menuju outlet mengalami kenaikan kecepatan dikarenakan diameter semakin kecil. Sesuai dengan asas kontinuitas dimana semakin kecil ukuran diameter, maka nilai kecepatan aliran semakin besar, namun semakin besar ukuran diameter maka semakin kecil nilai kecepatan aliran.



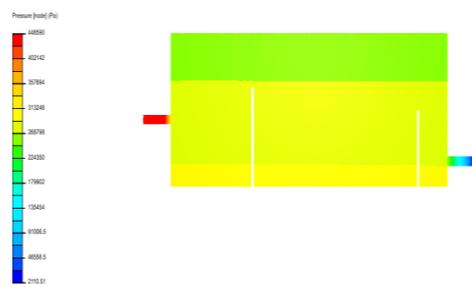
Gambar 8. Simulasi kontur *pressure* 0,1 bar dengan kecepatan 0,264 m/s



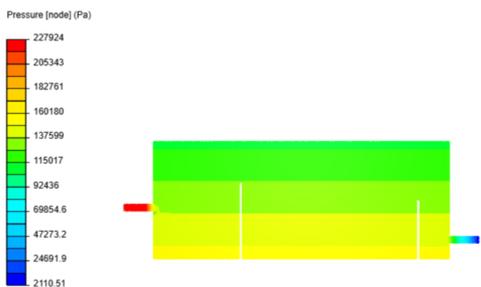
Gambar 11. Simulasi kontur *pressure* 0,1 bar dengan kecepatan 0,664 m/s



Gambar 9. Simulasi kontur *pressure* 0,1 bar dengan kecepatan 0,4 m/s



Gambar 12. Simulasi kontur *pressure* 0,1 bar dengan kecepatan 0,8 m/s

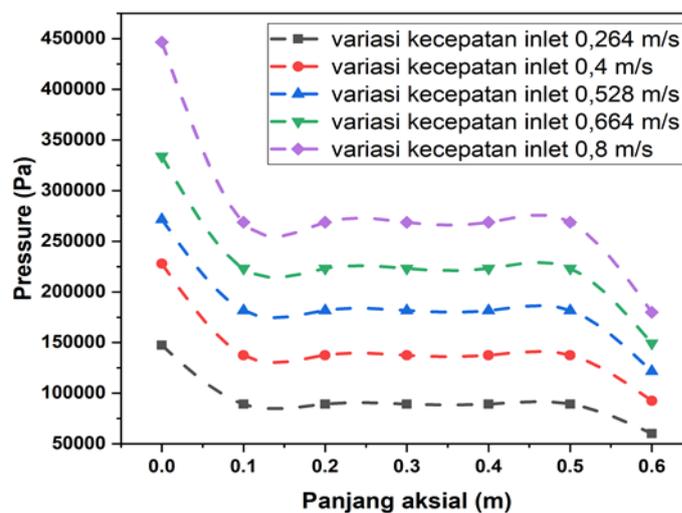


Gambar 10. Simulasi kontur *pressure* 0,1 bar dengan kecepatan 0,528 m/s

Pada Gambar 8,9,10,11,12 menunjukan *counturs pressure* tertinggi terdapat pada daerah inlet separator saat memasuki media separator dan melawati baffle satu dan dua *pressure* aliran lebih kecil dan mengakibatkan tekanan pada separator menjadi stabil. Setelah memasuki outlet minyak dan air *pressure* aliran rendah.

Dari simulasi *counturs pressure* dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan aliran maka tekanan semakin rendah sesuai hukum bernouli.

Pada grafik *pressure* terhadap panjang aksial, data ini diambil dari hasil simulasi pada kontur *pressure* dengan beberapa variasi *pressure* outlet 0.1 bar dengan kecepatan inlet 0,264, variasi *pressure* outlet 0.1 bar dengan kecepatan inlet 0,4 m/s, beberapa variasi *pressure* outlet 0.1 bar dengan kecepatan inlet 0,528 m/s beberapa variasi *pressure* outlet 0.1 bar dengan kecepatan inlet 0,664 m/s, beberapa variasi *pressure* outlet 0.1 bar dengan kecepatan inlet 0,8 m/s, diolah menjadi grafik.



Gambar 13. Grafik Tekanan (Pressure) Terhadap Panjang Aksial

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa bertambahnya panjang separator maka tekanan mengalami penurunan dikarenakan semakin besar luas penampang maka tekanan semakin kecil. Sesuai dengan hukum bernaouli.

KESIMPULAN

Dari hasil kesimpulan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada kecepatan minyak dan air dengan variasi kecepatan 0,264 m/s,0,4 m/s,0,528 m/s,0,664 m/s,0,8 m/s terjadi pengaruh kecepatan maksimum terdapat pada *inlet* dan *outlet*, serta penurunan kecepatan terjadi pada saat aliran fluida pada sisi masuk dimana aliran menunjukkan *turbulen* sehingga mengakibatkan pemisahan antara fluida minyak dan air menjadi cepat.
2. Pada distribusi contour dengan variasi kecepatan 0,264 m/s, 0,4 m/s, 0,528 m/s, 0,664 m/s, 0,8 m/s didapatkan hasil yaitu variasi kecepatan 0,264 m/s medapatkan hasil contour lebih rendah dan hasil contour tertinggi terdapat pada variasi 0,8 m/s di inlet dan outlet.
3. Pada distribusi kontur tekanan 0,1 bar dengan variasi kecepatan 0,264 m/s, 0,4 m/s, 0,528 m/s, 0,664 m/s dan 0,8 m/s didapatkan hasil yaitu variasi contour tekanan 0,1 bar dengan kecepatan 0,264 m/s medapatkan hasil contour tekanan lebih rendah dan hasil kontur tertinggi terdapat pada tekanan 0,1 bar dengan variasi kecepatan 0,8 m/s sebesar 446590 Pa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin-Universitas Pamulang dan Pusat Penelitian Fisika-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia atas dukungan dalam penelitian ini..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. T. Le *et al.*, “Effect of simultaneous three-angular motion on the performance of an air–water–oil separator under offshore operation,” *Ocean Eng.*, vol. 171, pp. 469–484, 2019, doi: 10.1016/j.oceaneng.2018.11.012.
- [2] L. M. Oshinowo and R. D. Vilagines, “Modeling of Oil-Water Separation Efficiency in Three-Phase Separators: Effect of Emulsion Rheology and Droplet Size Distribution,” *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 159, pp. 278–290, 2020, doi: 10.1016/j.cherd.2020.02.022.
- [3] J. Jalaluddin, S. Akmal, N. ZA, and I. Ishak, “ANALISA PROFIL ALIRAN FLUIDA CAIR DAN PRESSURE DROP PADA PIPA L MENGGUNAKAN METODE SIMULASI COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD),” *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 8, no. 1, pp. 97–108, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.29103/jtku.v8i1.3396>.
- [4] A. Ghurri, *Dasar-Dasar Mekanika Fluida*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, 2014.
- [5] W. S. Janna, *Introduction to Fluid Mechanics, Fourth Edition*. CRC Press, 2010.
- [6] A. Syuhada, R. Sary, and Z. Zakirullah, “Pengaruh Diameter Hidrolik Terhadap Perpindahan Panas Kolektor Surya Belokan Tajam,” *J. Tek. Mesin Unsyiah*, vol. 7, no. 2, pp. 38–42, 2019, doi: 10.24815/jtm.v7i2.18236.
- [7] M. I. Insani, U. A. Prabu, and W. Herlina, “ANALISIS DESAIN UKURAN SEPARATOR PRODUKSI HORIZONTAL DUA FASA UNTUK TARGET PEMISAHAN FLUIDA 25000 BFPD PT.MEDCO E&P INDONESIA RIMAU ASSET,” *J. Pertamb.*, vol. 2, no. 3, pp. 39–49, 2018, doi: <https://doi.org/10.36706/jp.v2i3.7401>.
- [8] Surahman, M. Rachmat, and S. Supardi, *Metodologi Penelitian*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2016.
- [9] B. R. Munson, D. F. Young, T. H. Okiishi, and W. W. Huebsch, *Fundamentals of Fluid Mechanics, Sixth Edition*. John Wiley & Sons, Inc, 2009.