

## Pengaruh Laju Alir dan Material Pipa Bersambung pada SP-V PT X terhadap Analisis Profil Aliran Fluida dengan Metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

Raudhatul Raihan\*, Irwan, Aida Safitri

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Medan-B.Aceh km. 275 Buketrata Lhokseumawe 24301 Indonesia

\*E-mail raudhatulraihan@pnl.ac.id

### Abstract

---

---

**Article history:**

Received: 25-04-2025

Accepted: 21-06-2025

Published: 23-07-2025

**Keywords:**

computational fluid dynamics;

fluid flow profile;

piping;

power density;

pressure drop.

*Piping system is a system that is widely used to move fluids, either liquid, gas, or a mixture of liquid and gas from one place to another, pipes have various sizes and cross-sectional shapes. Pipe branching is widely used in piping systems in industry, mining, and drinking water distribution. This study was conducted with the aim of determining through simulation the factors that affect the fluid flow profile and pressure drop in the connected pipe of PT X. The variables used in this study are using the type of fluid in the form of crude oil (Crude Oil) Pipe Diameter 6 inches with API 5L CS Grade B SCH 40 and API 5L CS Grade B SCH 80 material types with flow rate variations of 70 L/hour, 90 L/hour, 110 L/hour, 130 L/hour and 150 L/hour with the help of Autodesk Inventor and Computational Fluid Dynamics (CFD) applications. The largest pressure drop occurs in the API 5L CS Grade B sch 80 pipe material with 150 L/hour of 0,96943 atm. while the lowest pressure drop occurs in the API 5L CS Grade B sch 40 pipe material with 70 L/hour of 0,77492 atm, this is in accordance with the theory that explains that the smaller the diameter of a pipe, the greater the pressure drop will be, due to the difference in inner diameter between the API 5L CS Grade B sch 40 and sch 80 pipe materials. While the largest Power Density occurs in the API 5L CS Grade B sch 40 pipe material with a pipe inner diameter of 6.065 inches of 98,9691 kW/m<sup>3</sup>. While the lowest Power Density occurs in the API 5L CS Grade B sch 80 pipe material with a pipe inner diameter of 5.6377 inches of 64,4046 kW/m<sup>3</sup>.*

---

---

### 1. Pendahuluan

*Computational Fluid Dynamics (CFD)* merupakan bidang dalam dinamika fluida yang memanfaatkan teknik numerik dan algoritma untuk menyelesaikan serta menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan aliran fluida [1,2].

Dinamika fluida merupakan cabang ilmu yang mempelajari karakteristik zat cair dan gas, baik saat berada dalam kondisi statis maupun bergerak, serta bagaimana keduanya berinteraksi dengan benda padat. Dinamika fluida kerap dianggap sebagai salah satu permasalahan utama dalam fisika klasik yang hingga kini belum sepenuhnya terpecahkan.

Kajian dinamika fluida ini mencakup pemahaman berbagai sifat fluida, sehingga perlu dilakukan penggambaran sifat-sifat tersebut baik secara kualitatif maupun kuantitatif [3].

Terdapat tiga jenis aliran fluida yaitu aliran laminar dengan  $Re < 2300$ , aliran transisi dengan  $2300 < Re < 4000$  [4] dan aliran turbulen, dengan  $Re > 4000$ . Aliran laminar didefinisikan sebagai pergerakan fluida yang berlangsung dalam lapisan-lapisan teratur, di mana setiap lapisan bergerak secara paralel tanpa saling

bertabrakan. Sebaliknya, aliran turbulen ditandai dengan perubahan acak dan fluktuasi pada tekanan serta kecepatan aliran, terjadi ketika lapisan-lapisan tersebut saling memotong dan bergerak secara tidak teratur. Aliran transisi merupakan kondisi peralihan antara aliran laminar dan turbulen [5].

Dalam bidang industri, mengetahui penurunan tekanan (pressure drop) merupakan hal yang krusial untuk perancangan sistem perpipaan [6]. Beberapa faktor yang memengaruhi penurunan tekanan antara lain meliputi gesekan, panjang pipa, kecepatan aliran fluida, diameter pipa, serta sejauh mana diameter memengaruhi koefisien kerugian pada percabangan pipa [7].

Dalam sistem perpipaan, kehilangan tekanan merupakan salah satu aspek krusial yang perlu diperhatikan, karena semakin besar kehilangan tekanan, semakin besar pula energi yang terbuang [8]. Oleh sebab itu, berbagai perusahaan melakukan optimasi terhadap penurunan tekanan guna meningkatkan efisiensi energi dalam sistem perpipaan. Panjang pipa merupakan salah satu pengaruh *pressure drop*

yang apabila panjang pipanya semakin panjang maka pressure drop akan tinggi [9].

Untuk memperoleh pemahaman yang mendalam, diperlukan simulasi menggunakan perangkat lunak CFD, di mana variasi variabel-variabel yang memengaruhi tekanan dapat dianalisis. Penggunaan CFD dipilih karena memungkinkan perubahan bentuk geometri dilakukan dengan lebih efisien dalam pemodelan [10]. Oleh karena itu, pemodelan alur pipa bersambung SP-V pada PT X dilakukan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2015 dan Autodesk Simulation CFD 2015. Selanjutnya, dilakukan analisis dimensional yang difokuskan pada perubahan geometri, yang berpotensi memengaruhi penurunan tekanan (*pressure drop*) pada aliran fluida di dalam pipa tersebut.

## 2. Metode

### 2.1 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, digunakan perangkat lunak Autodesk Inventor untuk pemodelan geometri dan Autodesk Simulation CFD untuk melakukan simulasi aliran fluida secara numerik.

### 2.2 Rancangan Penelitian

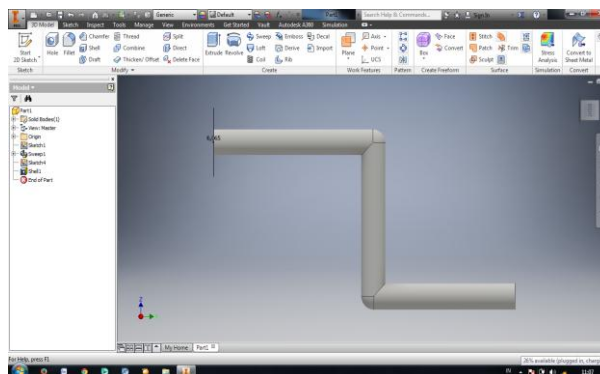
Penelitian ini bersifat komputasi numerik, di mana penggambaran geometri alur pipa bersambung SP-V PT. X dengan diameter pipa 6 inch dilakukan sebagai langkah awal penelitian, dengan dua jenis material pipa yaitu API 5L CS Grade B SCH 40 dan API 5L CS Grade B SCH 80 dibandingkan menggunakan jenis fluida minyak mentah (*crude oil*) serta variasi laju alir sebesar 70 L/jam, 90 L/jam, 110 L/jam, 130 L/jam, dan 150 L/jam.

### 2.3 Prosedur Penelitian

Sebelum simulasi dijalankan, tahap awal yang dilakukan adalah membangun model aliran pada alur pipa bersambung, yang diproses menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor.

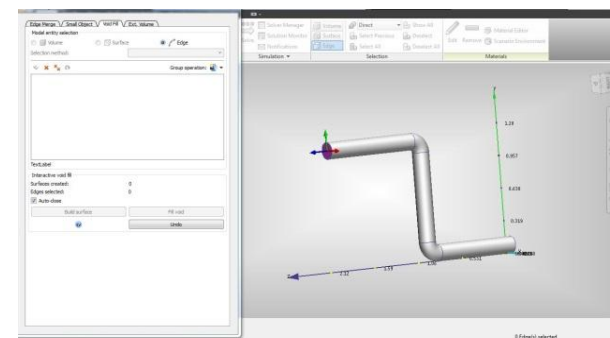
Autodesk Inventor merupakan perangkat lunak analisis berbasis komputasi yang digunakan dalam proses pemodelan geometri, di mana model tiga dimensi (3D) dibangun untuk kemudian disimulasikan menggunakan Autodesk Simulation CFD. Desain geometris divisualisasikan dalam bentuk model 3D guna

mendukung akurasi simulasi aliran fluida yang akan dilakukan.



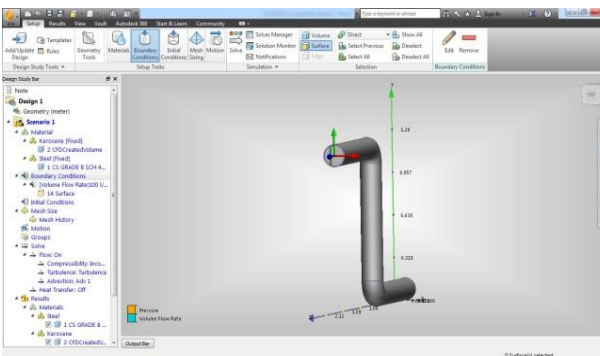
Gambar 1. Pipa bersambung pada software autodesk inventor berbentuk 3D.

Sebelum model fisik dibuat, geometri yang telah dirancang di Autodesk Inventor diekspor ke Autodesk Simulation CFD. Pada tahap selanjutnya, dilakukan opsi untuk penentuan material yang akan digunakan.



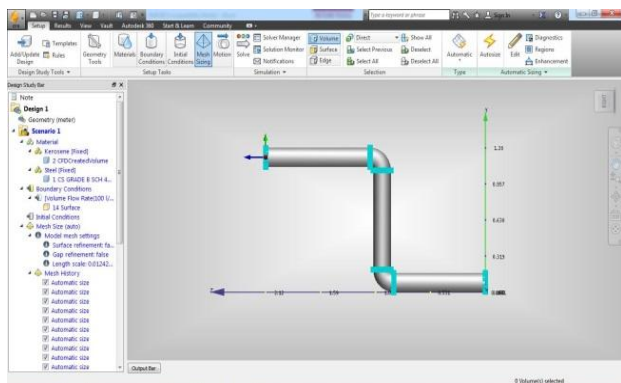
Gambar 2. Pembuatan void fill dan penentuan material.

Selanjutnya dilakukan penentuan kondisi batasan untuk menetapkan daerah batas pada objek yang akan dianalisis.



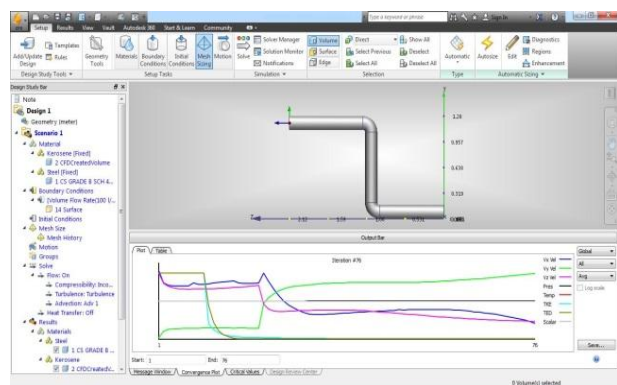
Gambar 3. Pembuatan kondisi batasan pada pipa bersambung.

Selanjutnya dilakukan pembuatan *Meshing* berfungsi untuk memproses pembagian keseluruhan geometri menjadi elemen-elemen kecil.



Gambar 4. Pembuatan *meshing*.

Pada tahapan terakhir dilakukan proses iterasi untuk mengetahui *error* yang terjadi pada penelitian.



Gambar 5. Hasil proses iterasi

### 3 Hasil dan Pembahasan

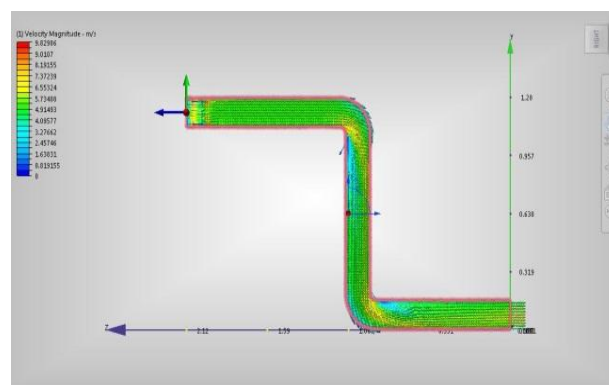
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dimensi faktor-faktor yang memengaruhi penurunan tekanan (*pressure drop*). Untuk itu, simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Simulation CFD*, di mana perubahan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap tekanan dianalisis. Pemilihan CFD didasarkan pada kemudahan dalam memodelkan perubahan bentuk geometri dan laju aliran.

Oleh karena itu, pemodelan pipa bersambung SP-V PT X dilakukan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor*. Selanjutnya, dilakukan analisis dimensional yang khusus menitikberatkan pada perubahan geometri dan laju aliran, yang berpengaruh terhadap penurunan tekanan (*pressure drop*) pada aliran fluida dalam pipa tersebut. Analisis ini dilakukan

dengan *Autodesk Simulation CFD*, serta dilakukan perhitungan *Power Density* yang dibutuhkan untuk setiap jenis material pipa.

#### 3.1 Analisis Profil Aliran Fluida dan Penurunan Tekanan (*Pressure Drop*) pada Material Pipa API 5L CS Grade B Sch 40

Penelitian ini menggunakan pipa bersambung SP-V PT X pada material pipa API 5L CS Grade B sch 40 dengan diameter dalam 6,065 in dan panjang pipa 3,1242 meter. Penggambaran model dilakukan menggunakan *software autodesk inventor*.

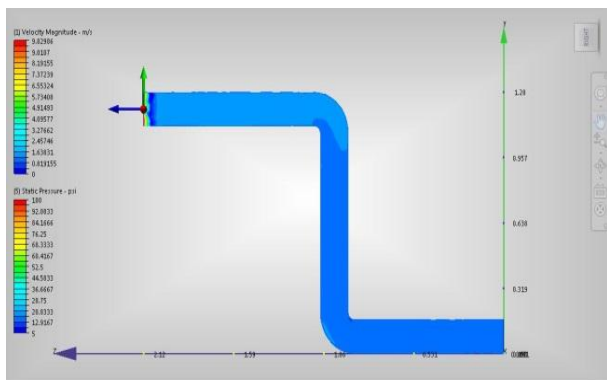


Gambar 6. Profil aliran fluida pada pipa bersambung dengan panjang pipa 3,1242 meter laju alir 150 L/jam.

Hasil pengujian menggunakan perangkat lunak *Autodesk Simulation CFD* menunjukkan distribusi kecepatan aliran yang ditandai dengan perubahan warna dari merah menjadi kuning, biru, dan hijau. Warna merah pada area masuk menandakan kecepatan aliran sebesar 8,191 m/s dengan bilangan *Reynold* 219,968. Sedangkan pada laju alir yang ditandai warna kuning memiliki laju alir sebesar 5,9379 m/s.

Dari hasil simulasi diatas dapat dijelaskan bahwa adanya *elbow* pada perpipaan dapat mempengaruhi kecepatan laju alir suatu fluida, hal ini dikarenakan adanya tahanan sehingga memperlambat laju dari satu fluida [11]. Perubahan kecepatan dapat dilihat dari perubahan warna yang mengakibatkan kecepatan semakin menurun dan pada saat melewati *elbow* 90° kecepatan meningkat tidak signifikan dikarenakan adanya tahanan dan gesekan pada *elbow* yang menyebabkan kecepatan pada setiap *elbow* meningkat [12]. Aliran laminar mempunyai koefisien gesek yang lebih rendah dibandingkan dengan aliran turbulen, rendahnya koefisien gesek

berpengaruh secara langsung pada kecilnya penurunan tekanan dan besarnya energi yang diperlukan untuk mengalirkan fluida.



Gambar 7. Penurunan tekanan pada pipa bersambung dengan panjang pipa 3,1242 meter laju alir 150 L/Jam.

Hasil pengujian menggunakan *software autodesk simulation CFD* menunjukkan bahwa terjadinya penurunan tekanan dibuktikan dengan terjadinya perubahan warna. Pada pipa barisan atas warna tekanannya adalah biru muda dan pada saat melewati *elbow* perubahan warna berubah menjadi warna biru sampai kepada ujung pipa. Pada setiap *elbow* terdapat *Pressure drop* sebesar 0,2548 atm dan Pada ujung pipa tersebut menunjukkan penurunan tekanan sebesar 0,9128 atm.

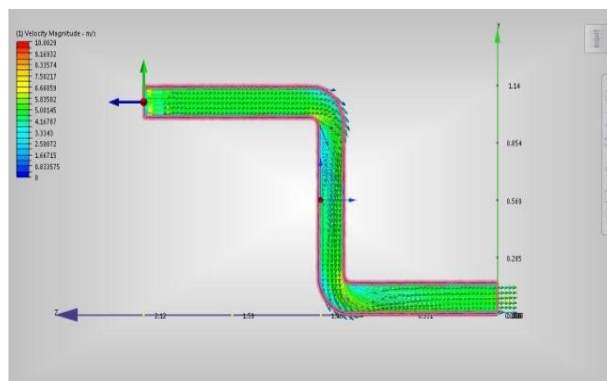
Hasil simulasi menunjukkan bahwa *elbow* pada pipa memberikan pengaruh signifikan terhadap kehilangan tekanan dalam sistem perpipaan. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor yang menyebabkan kerugian sepanjang aliran fluida, seperti material pipa, panjang pipa, diameter pipa, kekasaran permukaan, serta viskositas fluida [13].

### 3.2 Analisis Profil Aliran Fluida dan Penurunan Tekanan (Pressure Drop) pada Material Pipa API 5L CS Grade B Sch 80

Penelitian ini menggunakan pipa bersambung SP-V PT X pada material pipa API 5L CS *Grade B sch 80* dengan diameter dalam 5,6377 in dan panjang pipa 3,1242 meter. Penggambaran model dilakukan menggunakan *software autodesk inventor*. Analisis profil ditunjukkan pada Gambar 8.

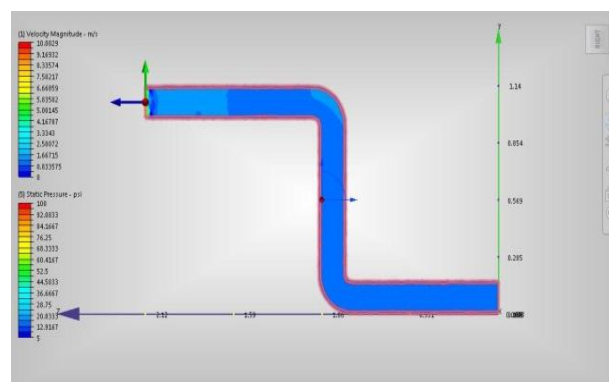
Hasil pengujian menggunakan perangkat lunak *Autodesk Simulation CFD* menunjukkan distribusi kecepatan aliran yang ditandai dengan perubahan warna dari merah menjadi kuning,

biru, dan hijau. Warna merah pada area masuk menandakan kecepatan aliran sebesar 9,196 m/s dengan bilangan reynold 236,64. Sedangkan pada laju alir yang ditandai warna kuning memiliki laju alir sebesar 5,281 m/s.



Gambar 8. Profil aliran fluida pada pipa bersambung dengan panjang pipa 3,1242 meter laju alir 150 L/jam.

Perubahan kecepatan dapat dilihat dari perubahan warna yang mengakibatkan kecepatan semakin menurun dan pada saat melewati *elbow* 90° kecepatan meningkat tidak signifikan dikarenakan adanya tahanan dan gesekan pada *elbow* yang menyebabkan kecepatan pada setiap *elbow* meningkat. Aliran laminar mempunyai koefisien gesek yang lebih rendah dibandingkan dengan aliran turbulen sehingga mempengaruhi kecepatan fluidanya [8].



Gambar 9. Penurunan tekanan pada pipa bersambung dengan panjang pipa 3,1242 meter laju alir 150 L/Jam.

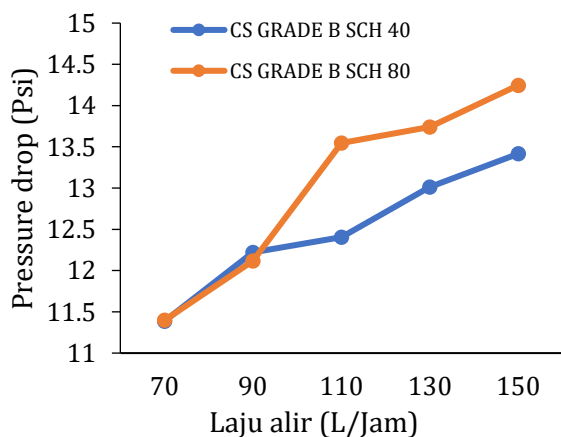
Hasil pengujian menggunakan *software autodesk simulation CFD* menunjukkan bahwa terjadinya penurunan tekanan dibuktikan dengan terjadinya perubahan warna. Pada pipa barisan atas warna tekanannya adalah biru muda dan menuju *elbow* perubahan warna

berubah menjadi warna biru sampai kepada ujung pipa. Pada setiap *elbow* terdapat *Pressure drop* sebesar 0,3836 atm dan pada ujung pipa tersebut menunjukkan penurunan tekanan sebesar 0,9694 atm.

Dari simulasi dapat dijelaskan bahwa *elbow* pada pipa sangat mempengaruhi kehilangan tekanan pada sistem perpipaan dikarenakan fluida yang mengalir di dalam pipa mengalami benturan, sehingga tekanan fluida secara otomatis menurun dan memperlambat tekanan satu fluida [14]. Penurunan tekanan antara pipa API 5L CS *Grade B sch 40* dan API 5L CS *Grade B sch 80* lebih besar pada pipa API 5L CS *Grade B sch 80* dikarenakan ukuran diameter dalam pipa API 5L CS *Grade B sch 80* lebih kecil daripada API 5L CS *Grade B sch 40*.

### 3.3 Analisa Perbandingan laju alir pada Pipa Bersambung SP-V PT X terhadap *Pressure Drop* dengan *Power Density*

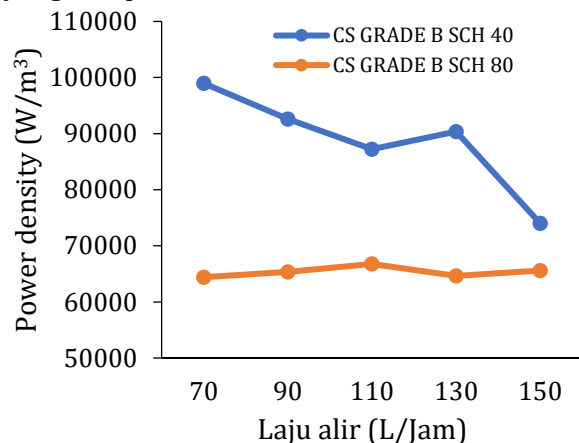
Perbandingan *pressure drop* pada pipa bersambung SP-V PT X dengan *power density* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh *pressure drop* terhadap *power density*.



Gambar 10. Hubungan antara laju alir terhadap *Pressure drop* pada material pipa.

Perbandingan *pressure drop* dengan *autodesk simulation CFD* pada material pipa API 5L CS *Grade B sch 40* dan API 5L CS *Grade B sch 80* bahwa *pressure drop* yang didapat pada material pipa API 5L CS *Grade B sch 80* lebih besar bila dibandingkan dengan material pipa API 5L CS *Grade B sch 40*, namun pada laju alir 90 L/jam sch 40 mengalami penurunan tekanan yang lebih besar dari sch 80 dikarenakan laju alir yang kecil. *Pressure drop* tertinggi terjadi pada laju alir 150 L/jam pada material pipa API 5L CS

*Grade B sch 80* sebesar 0,96943 atm. Sedangkan *pressure drop* terendah terjadi pada laju alir 70 L/jam pada material pipa API 5L CS *Grade B sch 40* sebesar 0,77492 atm. Hal ini dikarenakan perbedaan diameter dalam pipa yang menyebabkan perbedaan penurunan tekanan yang didapat.



Gambar 11. Hubungan antara laju alir terhadap *Power density* pada material pipa.

Perbandingan *power density* dengan laju alir pada material pipa API 5L CS *Grade B sch 40* dan API 5L CS *Grade B sch 80*. *Power density* yang didapat pada material pipa API 5L CS *Grade B sch 40* mengalami fluktuasi. *Power density* tertinggi terdapat pada laju alir 70 L/jam yaitu 98,9691 kW/m<sup>3</sup> dan yang terendah terdapat pada laju alir 150 L/jam yaitu 74,01004 kW/m<sup>3</sup>.

Sedangkan pada material pipa API 5L CS *Grade B sch 80* juga mengalami fluktuasi dikarenakan kebutuhan power dari pompa untuk mengalirkan fluida tersebut berbeda sehingga menyebabkan fluktuasi antara laju alir yang berbeda. *Power density* pada pipa API 5L CS *Grade B sch 40* mengalami penurunan disebabkan karena ukuran dalam diameter pipa ini lebih besar daripada sch 80 sehingga dengan laju alir yang kecil dan diameter dalam pipa yang besar mengakibatkan terbuangnya daya yang diberikan menjadi panas. Hal ini yang menyebabkan pipa tersebut tidak cocok dengan digunakan pada laju alir yang kecil tetapi akan lebih baik pipa ini digunakan pada laju alir yang besar. *Power density* tertinggi terdapat pada laju alir 110 L/jam yaitu 66,7651 kW/m<sup>3</sup>. *Power density* terendah terdapat pada laju alir 70 L/jam yaitu 64,4046 kW/m<sup>3</sup>.

Kajian menunjukkan bahwa seiring dengan lamanya rasio diameter meningkat, kerapatan daya yang dibutuhkan juga

meningkat. Semakin besar nilai suatu *power density* maka semakin besar pula daya per satuan volume yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida sampai kepada tempat yang diinginkan [15]. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa material pipa API 5L CS Grade B sch 80 lebih hemat daya daripada material pipa API 5L CS Grade B sch 40 dikarenakan ukuran diameter dalam pipa API 5L CS Grade B sch 80 lebih kecil daripada ukuran pipa API 5L CS Grade B sch 40. Oleh sebab itu penulis menganjurkan agar memakai pipa line API 5L CS Grade B sch 80 dalam mengalirkan crude oil dari SP-V ke PPP di PT X.

#### 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini dapat disimpulkan:

Variasi material pipa dan laju alir dimana pipa yang digunakan adalah API 5L CS Grade B sch 40 dan sch 80 dengan ukuran diameter dalam pipa 6,065 inch dan 5,6377 inch menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran diameter dalam suatu pipa maka semakin besar penurunan tekanannya dan semakin besar laju alirnya maka semakin besar penurunan tekanannya.

Nilai *Power Density* pada material pipa API 5L CS Grade B sch 80 yaitu sebesar 64,4046 kW/m<sup>3</sup> dan Nilai *Power Density* pada material pipa API 5L CS Grade B sch 40 yaitu sebesar 98,9691 kW/m<sup>3</sup>. *Power density* pada pipa tersebut mengalami penurunan disebabkan karena ukuran dalam diameter pipa ini lebih besar daripada sch 80 sehingga dengan laju alir yang kecil dan diameter dalam pipa yang besar mengakibatkan terbuangnya daya yang diberikan menjadi panas. Hal ini yang menyebabkan pipa tersebut tidak cocok dengan digunakan pada laju alir yang kecil tetapi akan lebih baik pipa ini digunakan pada laju alir yang besar.

#### Daftar Pustaka

- [1] Wijaya, H. Y., Setiyono, J., & Putri, S. I., 2024. *Simulasi computational fluid dynamics (CFD) aliran fluida pada sistem perpipa-an untuk desalinasi air laut*. Jurnal Teknik Mesin Cakram, Vol. 7, No. 1, pp. 8-18.
- [2] Sylvia, N., Anisa, A. & Hakim, L., 2019. *Simulasi aliran kolom absorpsi untuk proses penyerapan CO<sub>2</sub> dengan absorben air menggunakan computational fluid*

*dynamics (CFD)*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal, Vol. 7, No. 1, pp.1-12.

- [3] Rekayana, E. and Widyaparaga, A., 2020. *Simulasi CFD dinamika frekuensi gelombang aliran dua fasa minyak-air pada pipa horizontal*. Journal of Mechanical Design and Testing, Vol. 2, No. 2, pp.103-110.
- [4] Nurnawaty, N., 2020. Analisis perubahan tinggi tekanan akibat sudut belokan 90 dan 45 dengan menggunakan fluid friction apparatus. *TEKNIK HIDRO*, Vol. 13, No. 1, pp.28-37.
- [5] Pratama, D., Hadiningrum, K. and Muldiani, R.F., 2022. *Studi awal pengaruh temperatur terhadap karakteristik aliran fluida pada belokan pipa 90° melalui simulasi*. Jurnal MIPA, Vol. 11, No. 2, pp.68-71.
- [6] Jalaluddin, J., Akmal, S. and Ishak, I., 2019. *Analisa profil aliran fluida cair dan pressure drop pada pipa L menggunakan metode simulasi computational fluid dynamic (CFD)*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal, Vol. 8, No. 1, pp.97-108.
- [7] Hayati, N., Purwanto, A. and Muladi, E., 2023. *CFD (Computational Fluid Dynamic) untuk menganalisis head loss akibat perubahan diameter*. Jurnal Teknik Mesin Indonesia, Vol. 18, No. 2, pp.1-4.
- [8] Donda, D., Paranita, D. and Simatupang, D.F., 2024. *Analysis of pressure loss for treatment process of demineralized water at the water treatment plant unit at PT. ABC North Sumatra*. Justek: Jurnal Sains dan Teknologi, Vol. 7, No. 1, pp.11-17.
- [9] Junita, B., Intang, A. and Ependi, S., 2024. *Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap penurunan tekanan pada saluran pipa 3 inci*. SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 5, No. 1, pp.96-101.
- [10] Reza, M., Ramadhan, M.B.S., Sylvia, N. and Yunardi, Y., 2024. *Simulasi aliran fluida pada proses penyerapan CO<sub>2</sub> dengan adsorbent batu apung metode CFD*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal, Vol. 13, No. 2, pp.204-214.
- [11] Yohana, E. and Saputra, I.A., 2015. *Analisa pressure drop dalam instalasi pipa PT. Pertamina Drilling Services Indonesia dengan pendekatan Bingham plastic*. ROTASI, Vol. 17, No. 4, pp.170-174.
- [12] Ghozali, D.L.C., 2016. *karakteristik aliran fluida pada lengkungan S (dua elbow 90°)*

*dengan variasi jarak antara elbow dan arah keluaran. J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin, Vol. 1, No. 1.*

- [13] Safaruddin, S., Mahmuddin, M. and Tando, A., 2022. *Karakteristik tekanan aliran yang melewati belokan pipa vertikal pada arah radial dan tangensial. Sultra Journal of Mechanical Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 25-32.*
- [14] Trimulyono, B and D. Supriyatna, D., 2024. *Analisis aliran fluida cair dan pengurangan tekanan pada pipa L dengan metode simulasi komputasi. Kohesi J. Multidisiplin Saintek, Vol. 3, No. 2, pp. 31-35.*
- [15] Ilyas, S. and Gapy, M., 2017. *Analisis potensi tenaga angin menggunakan metode distribusi Weibull di kawasan Banda Aceh. Semin. Nas. dan Expo Tek. Elektro, pp. 66-68.*