



## Proses Simulasi Sistem *Concentrated Solar Power Equipment*

### *Simulation Process of Concentrated Solar Power Equipment*

Arief Kurnia<sup>1</sup> dan Dwi Rahmalina<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta 12640, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta 12640, Indonesia

#### Informasi artikel

Diterima:  
22/04/2021  
Direvisi:  
20/05/2021  
Disetujui:  
17/06/2021

#### *Abstract*

*The increase in the use of electrical energy in Indonesia is currently increasing from year to year and the population in Indonesia is increasing very rapidly, therefore we need an energy utilization technology that does not need a lot of money to operate it. Because Indonesia is located on the equator which makes Indonesia has a great potential for sun exposure. Utilization of solar energy can be done by using a technology to generate electricity from solar energy sources, namely Concentrated Solar Power (CSP) technology. Concentrated Solar Power (CSP) is a technology that uses solar energy that produces electrical energy from a component that converts heat energy into electrical energy using a Stirling engine. In this research, the solar energy utilization device developed is a Ground Base type Concentrated Solar Power (CSP) device equipped with a liquid fluid delivery system in the form of a piping system and a Stirling engine. By using a satellite dish measuring 6 feet or 1830 mm, and also added a drive system to move the parabola according to the point of efficient solar heat reception.*

*Keywords: Concentrated Solar Power (CSP), piping system, energy utilization.*

#### Abstrak

Peningkatan pemakaian energi listrik di Indonesia saat ini meningkat dari tahun ke tahun serta angka populasi di Indonesia yang meningkat sangat pesat, oleh karena itu dibutuhkan suatu teknologi pemanfaatan energi yang tidak perlu banyak biaya saat mengoperasikannya. Dikarenakan Indonesia terletak pada garis khatulistiwa yang membuat Indonesia memiliki potensi besar terpapar sinar matahari. Pemanfaatan energi matahari ini dapat dilakukan dengan menggunakan suatu teknologi untuk menghasilkan listrik dari sumber energi matahari, yaitu teknologi *Concentrated Solar Power (CSP)*. *Concentrated Solar Power (CSP)* merupakan suatu teknologi pemanfaatan energi matahari yang menghasilkan energi listrik dari suatu komponen pengubah energi panas menjadi energi listrik menggunakan mesin *Stirling engine*. Pada penelitian ini, alat pemanfaatan energi matahari yang dikembangkan yaitu alat *Concentrated Solar Power (CSP)* tipe *Ground Base* yang dilengkapi sistem penghantar fluida cair berupa sistem pemipaan dan mesin penggerak *Stirling engine*. Dengan menggunakan parabola berukuran 6 feet atau 1830 mm, dan juga ditambahkan sistem penggerak untuk menggerakkan parabola sesuai dengan titik penerimaan panas matahari yang efisien.

**Kata Kunci:** *Concentrated Solar Power (CSP)*, sistem pemipaan, pemanfaatan energi.

---

\*Penulis Korespondensi. Tel.: - ; Handphone: +62 816 774 504  
email : drahmalina@univpancasila.ac.id

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak pada garis khatulistiwa yang membuat Indonesia memiliki potensi besar mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun. Dimana Indonesia memiliki potensi energi matahari sebesar 4,8 kWh/m<sup>2</sup> setiap hari. Atau dapat dikatakan memiliki potensi 6 hingga 10 kali lebih besar untuk membangkitkan listrik melalui energi matahari dibandingkan negara-negara Eropa. (Nugroho, 2017)

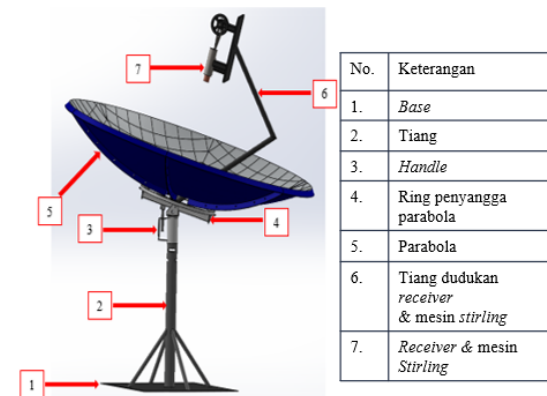
Teknologi CSP dirancang menggunakan panel - panel yang berfungsi sebagai pemantul sinar matahari ke arah penerima/ receiver yang dipasang pada titik fokus (Suwandi, dkk, 2021). Terdapat beberapa jenis dari teknologi ini yaitu : *Linear Fresnel Reflector(LFR)*, *Solar Tower*, *Parabolic Dish*, *Parabolic Through*. Dan dari beberapa jenis teknologi tersebut, yang memiliki rasio konsentrasi lebih dari 1000°C dan temperatur yang dapat dihasilkan 1000°C - 1600°C yaitu jenis *Parabolic Dish*. (Aishwarya dan Dhivyabharathi, 2011) Penelitian aliran dalam pipa pertama kali dilakukan oleh Julius Weisbach tahun 1850 yang meneliti rugi pada permukaan pipa, kemudian dilanjutkan oleh Henry Darcy pada tahun 1857 dengan melakukan eksperimen aliran pipa dan mengungkap efek kekasaran pada hambatan pipa yang dikenal dengan persamaan Darcy-Weisbach. Apabila fluida mengalir melalui suatu percabangan maka akan terjadi separasi yang mengakibatkan terjadinya kehilangan tekanan (*headloss*) pada setiap percabangan pipa akibat gesekan atau perlengkapan pipa (Eswanto dan Syahputra, 2017)

Simulasi *fluent* merupakan salah satu perangkat lunak simulasi yang digunakan untuk menganalisa karakteristik suatu alat dengan sistem fluida pada masalah yang kompleks (Rosyadi, dkk., 2017). Pembuatan simulasi dimulai dengan penggambaran model dari benda atau alat yang akan disimulasikan. Kemudian dilakukan juga model aliran dan perpindahan panas dari fluida yang akan disimulasikan. Dengan menggambar bentuk *mesh* secara numeris

dan mengetahui tipe aliran perpindahan panas yang digunakan, akan memudahkan dalam proses meshing suatu model pada simulasi *fluent* (Tuakia, 2008).

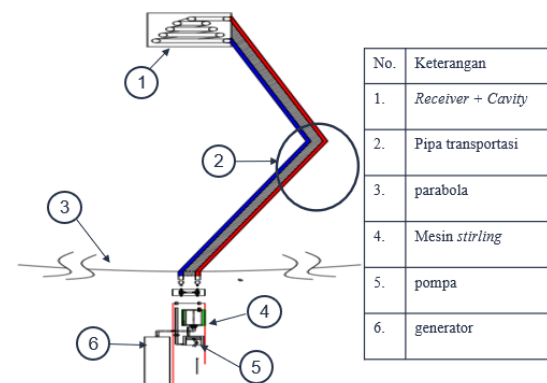
Pada dasarnya aliran fluida yang mengalir di dalam pipa akan mengalami penurunan tekanan seiring dengan panjang pipa serta disebabkan oleh gesekan pada permukaan yang dilalui oleh aliran fluida tersebut, kehilangan tekanan (*heatloss*) dan juga ketika suatu aliran fluida melewati sambungan pipa, belokan, katup, dan sebagainya (Waspodo, 2017; Eswanto dan Syahputra, 2017).

Berikut alat yang dibuat pada tahun 2019, dengan tanpa menggunakan alat transportasi aliran fluida (Priagung, 2019).



Gambar 1. Skema peralatan CSP (Priagung, 2019)

Dan dibawah ini merupakan alat yang dibuat pada tahun 2020, dengan menggunakan alat transportasi aliran fluida



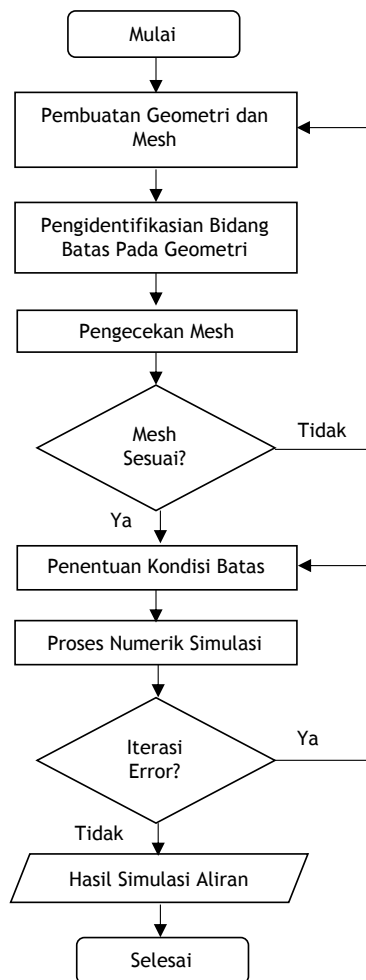
Gambar 2. Desain Sistem pemipaan yang dikembangkan

Pada penelitian ini, terdapat komponen tambahan yaitu, yaitu sistem pemipaan yang berfungsi sebagai alat transportasi cairan

fluida yang telah di panaskan oleh pantulan sinar matahari menuju ke mesin *Stirling engine*. Berbeda dengan alat sebelumnya yang langsung menggunakan energi matahari langsung menuju mesin *Stirling engine*.

## 2. METODOLOGI

Diagram alir penelitian ini terdapat 2 software yang digunakan yaitu software *Solidworks 2018* yang berfungsi untuk membuat desain geometri sistem dan software *Ansys Fluent 2019* yang berfungsi untuk menganalisa desain yang telah di buat.



Gambar 3. Diagram alir metode penelitian

Berikut beberapa tahapan-tahapannya:

### 1. Pembuatan geometri dan mesh

Pada tahapan ini, proses pembuatan desain komponen sistem pemipaan yang di buat menggunakan software *Solidworks 2018* yang selanjutnya akan dianalisa untuk mendapatkan hasil dari suatu

sistem pemipaan yang dibuat, seperti gambar di bawah ini :

#### a) Receiver

Gambar 4 menampilkan desain receiver sedangkan tabel 1, menyajikan spesifikasi desain dari receiver.



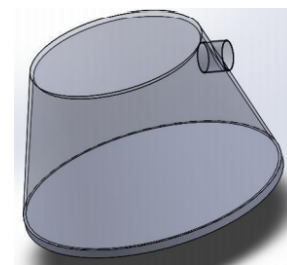
Gambar 4. Receiver

Tabel 1. Spesifikasi receiver

No.	Keterangan	Ukuran (mm)
1.	Diameter bawah (keseluruhan)	200
2.	Diameter atas(keseluruhan)	100
3.	Tinggi receiver	129
4.	Diameter luar pipa receiver	12,7
5.	Diameter dalam pipa receiver	6,35

#### b) Cavity (penutup receiver)

Gambar 5 menampilkan desain cavity sedangkan tabel 2, menyajikan spesifikasi desain dari cavity.



Gambar 5. Cavity

Tabel 2. Spesifikasi Cavity

No.	Keterangan	Ukuran (mm)
1.	Diameter bawah (keseluruhan)	300
2.	Diameter atas (keseluruhan)	200
3.	Tinggi Cavity	170

c) Pipa Penghantar Fluida

Gambar 6 menampilkan desain pipa penghantar fluida sedangkan tabel 3, menyajikan spesifikasi desain dari pipa penghantar fluida.



Gambar 6. Pipa penghantar fluida

Tabel 3. Spesifikasi pipa penghantar fluida

No.	Keterangan	Ukuran (mm)
1.	Tinggi (keseluruhan)	825
2.	Diameter Luar pipa	12,7
3.	Diameter dalam pipa	6,4

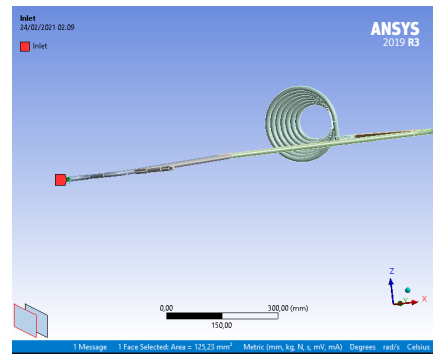
Setelah membuat desain pada aplikasi software *Solidworks* selanjutnya dipindahkan ke *software Ansys Fluent* yang digunakan untuk menganalisa aliran pada sistem tersebut.

2. Pengidentifikasian bidang batas pada geometri

Pada tahapan ini, komponen-komponen yang telah di desain selanjutnya di analisa menggunakan *software Ansys Fluent* dengan beberapa tahapan lagi, yaitu pengidentifikasian batasan geometri untuk mengetahui bagian masuk aliran serta keluar dari suatu sistem yang akan di analisa. Berikut pengidentifikasian batasan yang di buat, seperti:

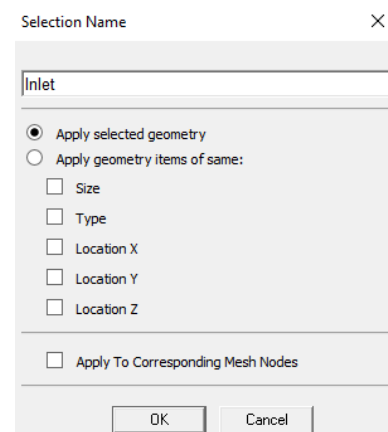
a) *Inlet*

Gambar 7 menampilkan titik *inlet* untuk *input* sistem sedangkan gambar 8, menyajikan tampilan penamaan titik *inlet*.



Gambar 7. Pemilihan titik *inlet*

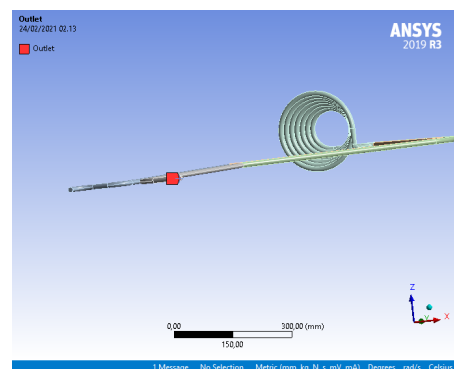
Pada batasan *inlet* ini dipilih titik masuk yang nantinya akan digunakan sebagai tempat masuk dari fluida yang digunakan.



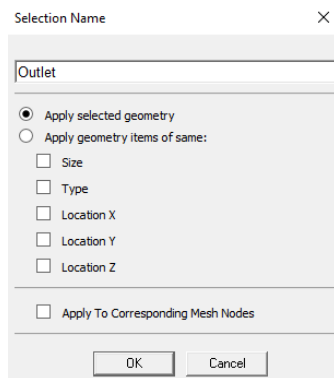
Gambar 8. Penamaan titik *inlet*

b) *Outlet*

Pada batasan *outlet* ini dipilih titik ke luar yang nantinya akan digunakan sebagai tempat ke luar dari fluida yang digunakan seperti tersaji pada gambar 9. Sedangkan gambar 10 menampilkan layar *software* untuk penamaan titik *outlet*.



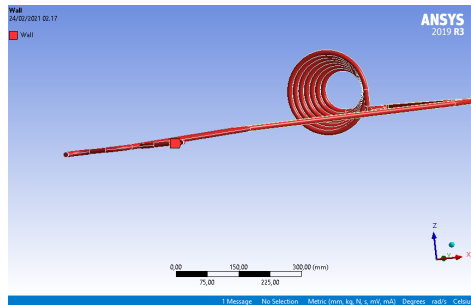
Gambar 9. Pemilihan titik *outlet*



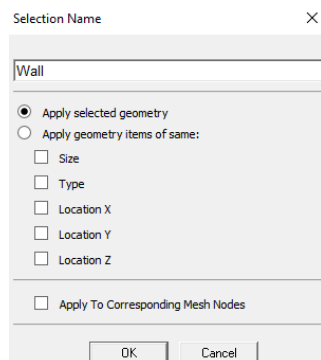
Gambar 10. Penamaan titik outlet

c) Wall

Gambar 11 menampilkan batasan wall ini dipilih titik bagian dinding ter luar pada sistem yang dibuat. Sedangkan gambar 12 adalah tampilan penamaan pada software.



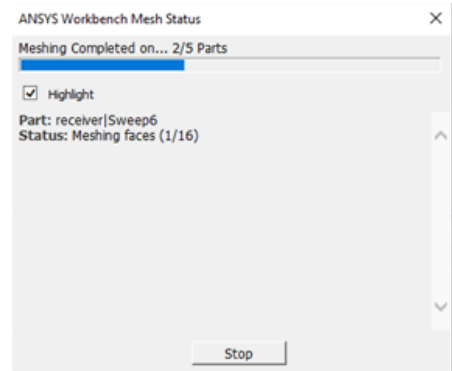
Gambar 11. Pemilihan titik wall



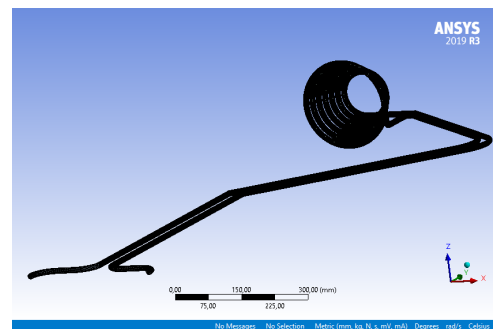
Gambar 12. Penamaan titik wall

3. Pengecekan mesh

Tahapan ini berfungsi untuk memberi Batasan yang akan menampilkan hasil simulasi dari parameter yang dimasukkan pada batasan tersebut. Gambar 13 memperlihatkan proses kalkulasi software untuk mendapatkan mesh. Sedangkan gambar 14 adalah hasil dari meshing.



Gambar 13. Proses Mesh



Gambar 14. Hasil Meshing

4. Penentuan kondisi batas

Tahapan ini merupakan tahapan yang menentukan hasil simulasi, karena semua data parameter yang telah ditentukan serta dihitung akan dimasukkan untuk di proses. Data fluida yang digunakan yaitu fluida penghantar panas Therminol vp-1, seperti pada tabel 4, berikut ini:

Tabel 4. Parameter fluida

No.	Data	Keterangan
1.	Density	8978 kg/m <sup>3</sup>
2.	CP (Spesific Heat)	381J/kg.k
3.	Thermal Conductivity	387,6 w/m.k

Data Material yang digunakan pada material yang digunakan yaitu material tembaga. Berikut disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Parameter material

No.	Data	Keterangan
1.	Density	1015 kg/m <sup>3</sup>
2.	CP (Specific Heat)	1719 J/kg.k
3.	Thermal Conductivity	0,1300 w/m.k
4.	Viscosity	0,00128 kg/m.s

Setelah dihitung dan ditentukan parameter dari fluida dan material yang digunakan, langkah selanjutnya masukkan data parameter yang dibutuhkan pada batasan-batasan yang sebelumnya dibuat seperti batasan *inlet*, *outlet*, dan *wall*.

a) Data *Inlet*

Berikut terdapat data yang harus dimasukkan pada bagian *Inlet* pipa, yaitu:

Tabel 6. Data pada batasan *Inlet*

No.	Data	Keterangan
1.	Kecepatan masuk	2 m/s
2.	Tekanan masuk	155521 Pascal
3.	Temperatur masuk	40°C (313,15 K)

b) Data *Outlet*

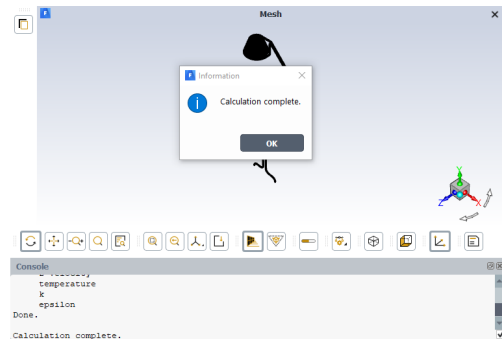
Berikut tabel data yang harus dimasukkan pada bagian *outlet* pipa:

Tabel 7. Data pada batasan outlet

No.	Data	Keterangan
1.	Tekanan keluar	120000 Pascal
2.	Temperatur keluar	80°C (353,15 K)

5. Proses Numerik Simulasi

Pada tahapan ini proses simulasi akan dilakukan dan akan menghasilkan suatu grafik serta parameter pendukung lainnya. Pada penelitian simulasi aliran ini iterasi/perhitungan simulasi yang digunakan yaitu 100 iterasi.



Gambar 12. Proses simulasi dengan iterasi 100

Dan apabila hasil simulasi ini telah *convergen*/tanpa error maka akan ditampilkan dalam bentuk grafik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan

1) Menentukan debit aliran fluida

Diketahui bahwa kecepatan rata-rata fluida 2 m/s dan luas penampang sebesar 2,826 m<sup>2</sup>, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times A & (1) \\
 &= 2 \times 2,826 \\
 &= 5,652 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Dengan :

Q = Debit cairan (m<sup>3</sup>/s)

V = Kecepatan rata-rata fluida (m/s)

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

2) Menentukan head total pada sistem

Diketahui tekanan statis 155521 Pa, berat jenis fluida 8000 kg/m<sup>2</sup>.s<sup>2</sup>, kecepatan rata-rata fluida 2 m/s<sup>2</sup>, kecepatan gravitasi 9,81 m/s<sup>2</sup>, ketinggian 3,8 m, maka perhitungan sebagai berikut:

$$H = \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2.g} + z & (2)$$

$$= \frac{155521 \text{ Pa}}{800 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}^2} + \frac{2^2 \text{ m/s}}{2,9,81 \text{ m/s}^2} + 3,8 \text{ m}$$

$$= 23,443 \text{ m}$$

Dengan:

H = Tinggi tekanan total (m)

P = Tekanan statis (Pa)

$\gamma$  = Berat jenis fluida ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}^2$ )

V= Kecepatan rata-rata fluida (m/s)

g = Kecepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

Z = Ketinggian (m)

3) Menentukan laju aliran fluida

Diketahui massa jenis  $1015 \text{ kg/m}^3$ , kalor jenis  $1719000 \text{ J/kg}$ , dan perbandingan temperatur  $40^\circ\text{C}$ . Maka dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (3)$$

$$= 1015 \text{ kg/m}^3 \times 1719000 \text{ J/kg} \times 40^\circ\text{C}$$

$$= 70 \text{ Joule}$$

Dengan :

m = massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

c = kalor jenis ( $\text{J/kg} \cdot \text{c}$ )

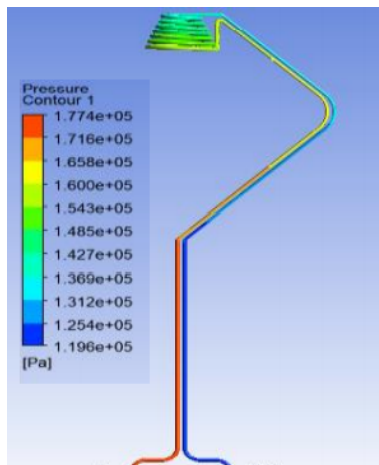
Q = Laju aliran kalor (*Joule*)

W = Power (*Joule*)

### Analisa simulasi

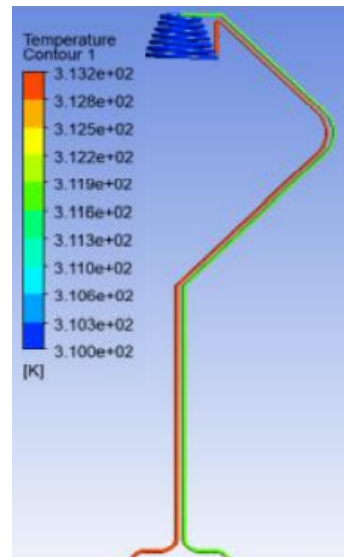
Analisis simulasi ini dilakukan pada software *Ansys Fluent 2019*, analisis ini diperlukan untuk mengetahui:

- Distribusi temperatur
- Penurunan tekanan
- Kecepatan alir yang ideal



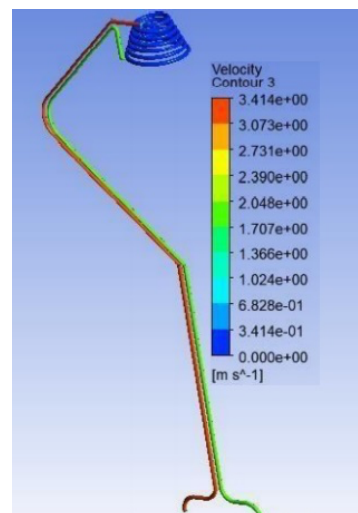
Gambar 9. Hasil analisa *pressure* aliran fluida

Gambar 9 menampilkan hasil simulasi pada analisa tekanan aliran yang dilakukan, didapatkan nilai tekanan aliran pada titik masuk aliran yaitu sebesar  $1774 \text{ Pa}$  dan pada titik keluar aliran yaitu sebesar  $1196 \text{ Pa}$ .



Gambar 10. Hasil analisa temperatur aliran fluida

Pada analisa temperatur aliran yang dilakukan, didapatkan nilai temperatur aliran pada titik masuk aliran yaitu sebesar  $313,2 \text{ K}$  dan pada titik keluar aliran yaitu sebesar  $311,6 \text{ K}$ , seperti yang tersaji pada gambar 10.



Gambar 11. Hasil analisa kecepatan aliran fluida

Gambar 11, memperlihatkan analisa kecepatan aliran yang dilakukan, didapatkan nilai kecepatan aliran fluida pada titik masuk aliran yaitu sebesar  $3,414 \text{ m/s}$  dan pada titik keluar aliran fluida yaitu sebesar  $2,048 \text{ m/s}$ .

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan dari hasil simulasi yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa, dari material yang digunakan nilai tekanan aliran masuk lebih besar dari pada aliran keluar. Hal tersebut terjadi karena ada gesekan antara permukaan pipa dengan fluida panas.

Untuk nilai temperatur aliran, nilai temperatur masuk lebih besar dari pada nilai temperatur keluar. Hal tersebut terjadi karena jarak antara pipa yang jauh.

Sedangkan nilai kecepatan aliran, lebih besar pada kecepatan aliran masuk dibandingkan dengan kecepatan aliran keluar, karena terdapat banyak pembelokan fluida sehingga membuat kecepatan aliran menjadi menurun.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ainul Ghurri, 2014. *Dasar-Dasar Mekanika Fluida*, Denpasar: Universitas Udayana.
- Eswanto, E. and Syahputra, D., 2017. Analisa distribusi kapasitas aliran fluida di daerah percabangan pada sistem perpipaan. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 3(1), pp. 7-11.
- Firman Tuakia, 2008. *Dasar-dasar CFD menggunakan fluent*, Jakarta.
- Nugroho, A.A., 2017. Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Stirling Engine', Peranan Ipteks Menuju Industri Masa Depan. *Seminar Nasional: Peranan Ipteks Menuju Industri Masa Depan (PIMIMD)*. Padang, hal. 6-8.
- Priagung Habibillah, 2019. Perancangan Sistem Concentrated Solar Power (CSP) tipe parabolic, *Tugas Akhir S-1*, Fakultas Teknik Universitas Pancasila, Jakarta.
- R. Aishwarya dan K. Dhivyabharathi, 2011. Solar powered stirling engine for selfgenerating electricity. *In International Conference on Recent Advancements in Electrical, Electronics and Control Engineering*, Chennai, India.
- Rosyadi, I., Sudrajad, A., Satria, D., Yusuf, Y. dan Wijaya, K.T., 2017. Analisa Laju Aliran Fluida pada Mesin Pengereng Konveyor Pneumatik dengan Menggunakan Simulasi CFD. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 2(1), hal. 48-51.
- Royce A. Francis A. Francis, S. D. Guikema, dan L. Henneman, 2014. *Bayesian Belief Networks*

*for predicting drinking water distribution system pipe breaks*, America: BBNs.

- Suwandi, A., Prastyo, T. dan Rahmalina, D., 2021. Optimasi Rasio Konsentrasi Dish Engine Menggunakan Metode Root Cause Analysis. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 6 (1), hal. 109-114.
- Waspodo, W., 2017. Analisa Head Loss Sistem Jaringan Pipa Pada Sambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah*, 8(1). Hal. 1-12.