



**TUGAS AKHIR – TF 141581**

**ANALISIS *BACKPRESSURE* PADA *PIPELINE*  
DI RUMAH POMPA FASE 3 DPPU NGURAH RAI  
MENGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUID*  
*DYNAMICS***

ACHMAD FAKHRUR ROZZI  
NRP. 0231144000073

Dosen Pembimbing  
Dr.Ir.Totok Soehartanto, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**FINAL PROJECT – TF 141581**

***BACKPRESSURE ANALYSIS ON PIPELINE OF  
PUMP HOUSE FASE 3 DPPU NGURAH RAI  
USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS***

ACHMAD FAKHRUR ROZZI  
NRP. 02311440000073

Supervisor  
Dr.Ir.Totok Soehartanto, DEA

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

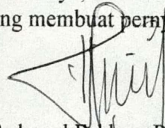
Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Achmad Fakhur Rozzi  
NRP : 0231144000073  
Departemen/Prodi : Teknik Fisika/S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**Analisis Back Pressure pada Pipeline di Rumah Pompa Fase 3 DPPU Ngurah Rai Menggunakan Computational Fluid Dynamics**" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 27 Juli 2018  
Yang membuat pernyataan,



Achmad Fakhur Rozzi  
NRP.0231144000073



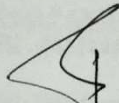
LEMBAR PENGESAHAN  
ANALISIS BACKPRESSURE PADA PIPELINE  
DI RUMAH POMPA FASE 3 DPPU NGURAH RAI  
MENGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

TUGAS AKHIR

Oleh:  
ACHAMD FAKHRUR ROZZI  
NRP. 0231144000073

Surabaya, Juli 2018  
Mengetahui / Menyetujui,

*Pembimbing I*



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA  
NIP. 19650309 199002 1 001

Kepala Departemen  
Teknik Fisika FTI – ITS



Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D  
NIP. 19780902 200312 1 002





**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS BACKPRESSURE PADA PIPELINE**  
**DI RUMAH POMPA FASE 3 DPPU NGURAH RAI**  
**MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID**  
**DYNAMICS**

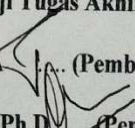
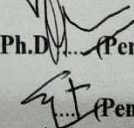
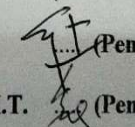
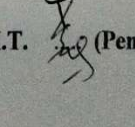
**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat**  
**Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**  
**Pada**  
**Bidang Studi Rekayasa Energi**  
**Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:**

**ACHMAD FAKHRUR ROZZI**  
**NRP. 0231144000073**

**Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:**

1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA  (Pembimbing I)
2. Gunawan Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.  (Penguji I)
3. Dr. Suyanto, S.T., M.T.  (Penguji II)
4. Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.  (Penguji II)

**SURABAYA**  
**JULI 2018**



**ANALISIS *BACKPRESSURE* PADA *PIPELINE* DI  
RUMAH POMPA FASE 3 DPPU NGURAH RAI  
MENGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUID  
DYNAMICS***

**Nama Mahasiswa** : Achmad Fakhrrur Rozzi  
**NRP** : 0231144000073  
**Jurusan** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

**Abstrak**

Pada sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 DPPU Ngurah Rai menggunakan 6 pompa beroperasi dengan 6 variasi berbeda mulai 1 pompa dioperasikan sampai 6 pompa semua dioperasikan secara bersamaan. Pada 6 variasi ini timbul fenomena *backpressure* yang di sebabkan oleh aliran fluida *transient* yang mengalami gaya aksi-reaksi yang terjadi di dalam pipa sepanjang jalur penyaluran *avtur*. Hal ini menimbulkan kerusakan pada absorber yang mengalami *backpressure* yang tidak terkontrol dengan baik. Untuk membuktikan hal ini, pada penelitian ini dilakukan 6 skenario operasi dimana, pada setiap skenario menggunakan nilai *pressure* dan *volume* yang ada pada setiap absorber yang terpasang pada *head suction pump* sebagai acuan. Dengan parameter di atas di dapat bahwa pada setiap absorber mengalami *backpressure* untuk semua skenario operasi dengan kondisi operasi 2 jam. Variasi pertama pada menit ke 54, variasi kedua menit ke 55 dan 58, variasi ketiga menit ke 56, 62, dan 66, variasi keempat menit ke 57, 66, 74, dan 79, variasi kelima menit ke 58, 69, 81, 91, dan 95, variasi keenam menit ke 59, 72, 86, 101, 111, dan 119. Untuk mencegah hal ini maka, dilakukan re-design absorber.

*Kata kunci: aliran avtur, pipa penyalur, pompa sentrifugal, tekanan balik, absorber*

Halaman ini sengaja dikosongkan

**BACKPRESSURE ANALYSIS IN PIPELINE ON  
PUMP HOUSE FASE 3 DPPU NGURAH RAI USING  
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS**

**Name** : Achmad Fakhrrur Rozzi  
**NRP** : 0231144000073  
**Departement** : Engineering Physics FTI-ITS  
**Supervisors** : Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

***Abstract***

*In the aircraft fuel distribution system (avtur) on the pump house phase 3 DPPU Ngurah Rai using 6 pumps operate with 6 different variations from 1 pump operated to 6 pumps operated simultaneously. In these 6 variations backpressure phenomena happened caused by the transient fluid flow experiencing the action-reaction force occurring on the pipe along the avtur channel path. This causes damage to the absorber that has backpressure that is not well controlled. To prove this research, 6 scenarios of operation are performed in this scenario where each scenario uses the pressure and volume as values in each absorber attached to the head suction pump for reference. With the above parameters obtained that at each absorber backpressure for all operating scenarios with operating conditions 2 hours. The first variation in the 54th minute, the second variation in the 55th and 58th minutes, the third-minute variations in 56, 62, and 66, the fourth-minute variations in 57, 66, 74, and 79, the fifth minute variations in 58, 69, 81, 91, and 95, variations of six minutes in 59, 72, 86, 101, 111, and 119. To prevent this, re-design absorber needed.*

*Key words: avtur flow, distribution pipe, centrifugal pump, backpressure, absorber*

*This page intentionally left blank*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis mampu menyelesaikan laporan penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisis *Backpressure* pada Pipeline di Rumah Pompa Fase 3 DPPU Ngurah Rai Menggunakan Computational Fluid Dynamics”.

Pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Muhammad Andri dan Ibu Kamini yang selalu memberi motivasi dan do’a.
2. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku dosen pembimbing yang senantiasa sabar memberikan bimbingan, motivasi dan arahan dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Bapak Dr. Gunawan Nugroho, S.T., M.T. selaku kepala Laboratorium Rekayasa Energi dan Pengkondisian Lingkungan yang telah mendukung kegiatan simulasi.
4. Teman-teman seperjuangan dalam penelitian tugas akhir Bidang Minat Energi Teknik Fisika ITS.
5. Teman-teman angkatan 2014 yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Jika dalam penulisan laporan penelitian ini terdapat kesalahan maka saran dan kritik yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Penulis berharap semoga laporan ini dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembacanya.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian Pompa.....	5
2.2 Pompa Sentrifugal .....	6
2.3 Prinsip Kerja Pompa.....	6
2.4 Performansi Pompa .....	8
2.5 Absorber .....	9
2.6 Reynolds Number.....	14
2.7 Computational Fluid Dynamics.....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	17
3.2 Keterangan Flow chart .....	19
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1 Analisis <i>backpressure</i> dengan parameter skenario <i>pressure</i> pada absorber.....	29
4.2 Analisis <i>backpressure</i> dengan parameter skenario <i>volume</i> pada absorber .....	41
4.3 Analisis dampak <i>backpressure</i> terhadap absorber yang terpasang pada <i>head suction pump</i> .....	50
4.4 Management operasional re-design absorber .....	52

<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>57</b>
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>60</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>61</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Instalasi Pompa.....	5
<b>Gambar 2.2</b> Penampang Impeller.....	7
<b>Gambar 2.3</b> Proses Pemompaan.....	7
<b>Gambar 2.4</b> Bladder Accumulator.....	10
<b>Gambar 2.5</b> Contoh simulasi dalam CFD.....	15
<b>Gambar 3.1</b> Skema diagram alir penelitian tugas akhir.....	17
<b>Gambar 3.2</b> Pipeline pada rumah pompa fase 3.....	18
<b>Gambar 3.3</b> Skenario operasi pompa untuk analisis BP.....	19
<b>Gambar 3.4</b> Pipeline jalur buntu.....	19
<b>Gambar 3.5</b> Spesifikasi absorber.....	20
<b>Gambar 3.6</b> Pipeline drawing rumah pompa fase 3.....	20
<b>Gambar 3.7</b> Spesifikasi pipeline drawing.....	21
<b>Gambar 3.8</b> Geometri sitem pipeline.....	22
<b>Gambar 3.9</b> Hasil <i>Meshing</i> .....	22
<b>Gambar 3.10</b> Spesifikasi material <i>avtur</i> .....	24
<b>Gambar 3.11</b> Spesifikasi material aluminum.....	24
<b>Gambar 3.12</b> Spesifikasi absorber yang diperlakukan.....	25
<b>Gambar 3.13</b> Spesifikasi inlet pompa yang diperlakukan.....	26
<b>Gambar 3.14</b> Reference Value.....	27
<b>Gambar 4.1</b> Skenario 1 pompa di operasikan.....	29
<b>Gambar 4.2</b> Data 1 pompa di operasikan.....	30
<b>Gambar 4.3</b> Skenario 2 pompa di operasikan.....	31
<b>Gambar 4.4</b> Data 2 pompa di operasikan.....	31
<b>Gambar 4.5</b> Skenario 3 pompa di operasikan.....	32
<b>Gambar 4.6</b> Data 3 pompa di operasikan.....	32
<b>Gambar 4.7</b> Skenario 4 pompa di operasikan.....	33
<b>Gambar 4.8</b> Data 4 pompa di operasikan.....	34
<b>Gambar 4.9</b> Skenario 5 pompa di operasikan.....	35
<b>Gambar 4.10</b> Data 5 pompa di operasikan.....	35
<b>Gambar 4.11</b> Skenario 6 pompa di operasikan.....	36
<b>Gambar 4.12</b> Data 6 pompa di operasikan.....	37
<b>Gambar 4.13</b> <i>Volume backpressure</i> pada absorber untuk kondisi 1 pompa di operasikan.....	38

<b>Gambar 4.14</b> <i>Volume backpressure</i> pada absorber untuk kondisi 2 pompa di operasikan.....	39
<b>Gambar 4.15</b> <i>Volume backpressure</i> pada absorber untuk kondisi 3 pompa di operasikan.....	40
<b>Gambar 4.16</b> <i>Volume backpressure</i> pada absorber untuk kondisi 4 pompa di operasikan.....	41
<b>Gambar 4.17</b> <i>Volume backpressure</i> pada absorber untuk kondisi 5 pompa di operasikan.....	42
<b>Gambar 4.18</b> <i>Volume backpressure</i> pada absorber untuk kondisi 6 pompa di operasikan.....	43
<b>Gambar 4.19</b> Geometri sebelum re-design .....	46
<b>Gambar 4.20</b> Geometri setelah re-design .....	47
<b>Gambar 4.21</b> Kontur persebaran <i>pressure</i> untuk 1 pompa bekerja kondisi re-design .....	47
<b>Gambar 4.22</b> Kontur persebaran <i>pressure</i> untuk 2 pompa bekerja kondisi re-design .....	48
<b>Gambar 4.23</b> Kontur persebaran <i>pressure</i> untuk 3 pompa bekerja kondisi re-design .....	49
<b>Gambar 4.24</b> Kontur persebaran <i>pressure</i> untuk 4 pompa bekerja kondisi re-design .....	50
<b>Gambar 4.25</b> Kontur persebaran <i>pressure</i> untuk 5 pompa bekerja kondisi re-design .....	51
<b>Gambar 4.26</b> Kontur persebaran <i>pressure</i> untuk 6 pompa bekerja kondisi re-design .....	52

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) yang terdapat di rumah pompa fase 3 depot pengisian pesawat udara (DPPU) Ngurah Rai terdapat 6 buah pompa yang dioperasikan dengan kondisi operasi berbeda-beda sesuai dengan kuantitas bahan bakar pesawat (*avtur*) yang dibutuhkan.<sup>[3]</sup> Dimana perbedaan kondisi operasi ini menggunakan 6 jenis kondisi operasi, mulai dari 1 pompa saja yang dioperasikan sampai 6 buah pompa yang dioperasikan secara bersamaan. Ketika kondisi pompa dioperasikan, baik menggunakan 1 pompa yang dioperasikan atau semua pompa dioperasikan terjadi suatu fenomena yang terjadi di dalam sistem penyaluran bahan bakar ini, terutama pada absorber yang terpasang di depan *head suction pump*. Fenomena yang sering terjadi pada sistem penyaluran bahan bakar yang dinamakan dengan *backpressure*. *Backpressure* ini yang merupakan akibat dari adanya gaya aksi-reaksi yang terdapat di dalam pipa sepanjang sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) ini. Dengan adanya fenomena *backpressure* ini memberikan dampak yang signifikan pada absorber yang terpasang pada sistem. Pada absorber yang terpasang pada sistem apabila fenomena *backpressure* yang terjadi tidak dikendalikan dengan baik akan menimbulkan kerusakan yang signifikan pada masing-masing absorber yang terpasang pada *head suction pump* sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 depot pengisian pesawat udara (DPPU) Ngurah Rai.

Berdasarkan permasalahan diatas pada penelitian ini dilakukan suatu analisis *backpressure* dengan simulasi pada sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 depot pengisian pesawat udara (DPPU) Ngurah Rai menggunakan computational fluid dynamics. Dari hasil simulasi pada penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan rekomendasi untuk melakukan re-design absorber dan sebagai bahan untuk membuat

management operation pompa yang ada pada sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 depot pengisian pesawat udara (DPPU) Ngurah Rai.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bagaimana proses terjadinya fenomena *backpressure* pada sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 DPPU Ngurah Rai?
- Bagaimana membuat management operational pompa untuk menghindari terjadinya fenomena *backpressure* yang tidak terkendali dengan baik pada sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 DPPU Ngurah Rai?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini pada sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 DPPU Ngurah Rai.
- Spesifikasi pipeline dan pompa sesuai dengan design.
- Fenomena *backpressure* terjadi sebagai akibat dari aliran fluida transient.
- Skenario yang digunakan menggunakan kondisi jumlah pompa yang dioperasikan.
- Parameter *pressure* dan *volume* yang digunakan dalam hipotesis terjadinya *backpressure*.

#### 1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Melakukan analisis terhadap terjadinya fenomena *backpressure* pada sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 menggunakan hasil simulasi pada penelitian ini dengan computational fluid dynamics.
- Membuat bahan rekomendasi untuk management operational pompa pada sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 DPPU Ngurah Rai.

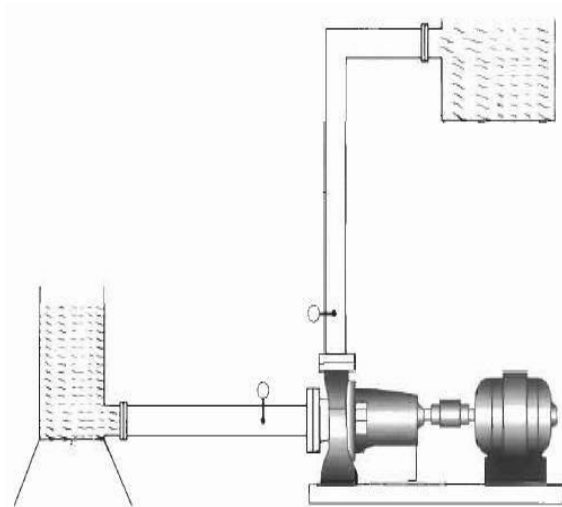
*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Pompa

Pompa adalah salah satu mesin fluida yang termasuk dalam golongan mesin kerja. Pompa berfungsi untuk memindahkan zat cair dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi karena adanya perbedaan tekanan. Pompa beroperasi dengan membuat perbedaan tekanan di bagian isap (suction) dan bagian keluar (discharge). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tekanan mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang aliran.<sup>[4]</sup>



**Gambar 2.1** Instalasi Pompa<sup>[4]</sup>

### 2.2 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah salah satu jenis pompa dengan pemindah non-positip yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetis (kecepatan) suatu fluida menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu impeller yang berputar dalam casing.<sup>[4]</sup>

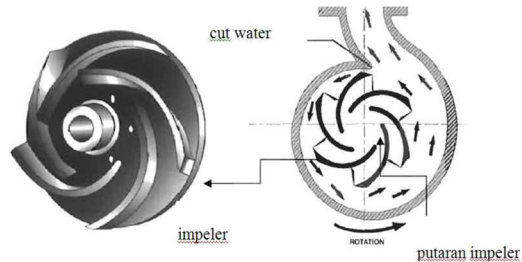
### 2.2.1 Klasifikasi Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria, antara lain:<sup>[4]</sup>

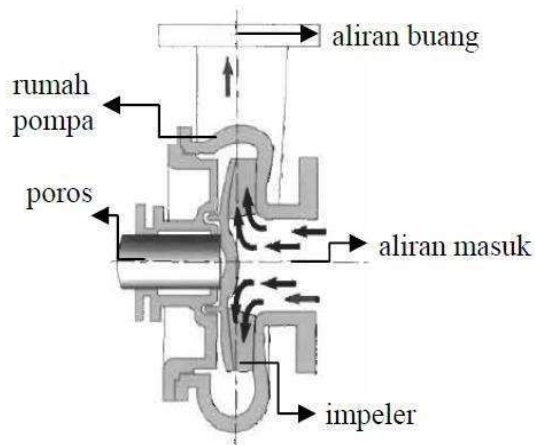
- Kapasitas:
  - a. Kapasitas rendah :  $< 20 \text{ m}^3 / \text{jam}$
  - b. Kapasitas menengah :  $20\text{-}60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
  - c. Kapasitas tinggi :  $> 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- Tekanan Discharge:
  - a. Tekanan Rendah :  $< 5 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
  - b. Tekanan menengah :  $5 - 50 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
  - c. Tekanan tinggi :  $> 50 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
- Posisi Poros:
  - a. Poros Tegak
  - b. Poros Mendatar
- Jumlah Suction :
  - a. Single Suction
  - b. Double Suction
- Arah aliran keluar Impeller:
  - a. Radial Flow
  - b. Axial Flow
  - c. Mixed Flow

### 2.3 Prinsip Kerja Pompa

Pada pompa terdapat sudut-sudut impeller (lihat gambar 2.2) yang berfungsi mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ketempat yang lebih tinggi (lihat gambar 2.3). Impeler dipasang pada poros pompa yang berhubungan dengan motor penggerak, biasanya motor listrik atau motor bakar.<sup>[4]</sup>



**Gambar 2.2** Penampang impeller<sup>[4]</sup>



**Gambar 2.3** Proses pemompaan<sup>[4]</sup>

Poros pompa berputar apabila penggeraknya berputar, karena poros pompa berputar impeller dan sudut-sudut impeller berputar zat cair yang di dalamnya ikut berputar sehingga tekanan dan kecepatannya naik dan terlempar dari tengah pompa ke saluran yang berbentuk volut atau spiral yang kemudian disalurkan keluar melalui nozzle. Jadi fungsi impeller pompa adalah merubah energi mekanik yaitu putaran impeller menjadi energi fluida. Pada gambar 2.2 aliran dalam pompa ikut berputar karena gaya sentrifugal dari impeller yang berputar.<sup>[4]</sup>

## 2.4 Performansi Pompa

Performansi adalah cacatan outcome yang dihasilkan dari fungsi suatu pekerjaan tertentu atau kegiatan selama suatu periode waktu tertentu.<sup>[4]</sup>

### 2.4.1 Kapasitas Pompa Sentrifugal<sup>[2]</sup>

Kapasitas dari suatu pompa sentrifugal dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$v = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana, bila untuk menghitung kecepatan alirannya menjadi:

$$v_s = \frac{Q_p}{A_s} = 4Q_p / \pi (d_{is})^2 \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan:

$Q$  = Kapasitas pompa (m)

$v$  = Kecepatan aliran (m/)

$A_s$  = Luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)

$d_{is}$  = Diameter dalam pipa (m)

### 2.4.2 Kecepatan Spesifik

Jenis impeler yang digunakan pada suatu pompa tergantung pada putaran spesifiknya. Putaran spesifik adalah putaran yang diperlukan pompa untuk menghasilkan 1 m dengan kapasitas 1 m<sup>3</sup>/s, dan dihitung berdasarkan. (Jack. B. evett, hal 357)

$$n_s = 51,64 \frac{n_p \sqrt{Q}}{H_p^{0.75}} \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan:

$n_s$  = Kecepatan spesifik

$n$  = Putaran pompa (rpm)

$$Q = \text{Kapasitas pompa} \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

### 2.4.3 Daya Pompa Sentrifugal

Besarnya energi atau daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa dipengaruhi oleh kapasitas pompa, tinggi tekan total pompa, berat jenis fluida yang dipompakan, serta efisiensi total pompa tersebut. Daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa ( $P_{sh}$ ) dirumuskan dengan persamaan.

(Stephen Lazarkiewich, Impeler Pump, Hal.71):

$$N_p = \frac{\gamma QH}{\eta \times 75} \dots \dots \dots (2.4)$$

dengan:

$N_p$  = Daya yang dibutuhkan pompa (kW)

$Q$  = Kapasitas pompa ( $\frac{m^3}{s}$ )

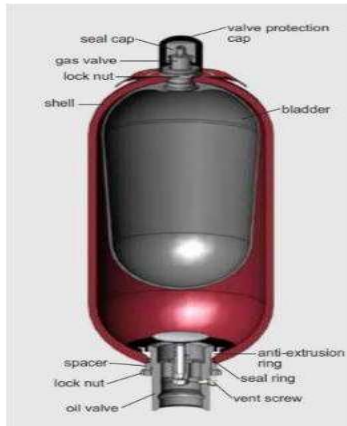
$H$  = Head total pompa (m)

$\eta$  = Efisiensi pompa

$\gamma$  = Berat jenis fluida yang dipompa ( $kg/m^3$ )

### 2.5 Absorber

Absorber merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengatasi berbagai permasalahan dalam sistem perpipaan, salah satu masalah yang biasa terjadi *backpressure*. Jenis-jenis absorber bermacam-macam di antaranya jenis gas accumulator. Gas accumulator adalah suatu tanki penyimpanan sementara dari fluida bertekanan yang sekaligus mereduksi besarnya energi dari fluida akibat kondisi transient fluida. Energi yang dimiliki fluida berikutnya di kompresi oleh bahan peredam yang terdapat dalam gas accumulator dan disimpan sementara di dalamnya untuk kemudian dialirkan kembali menuju sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3. Absorber yang digunakan pada sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 DPPU Ngurah Rai berjenis Bladder Accumulator. Dimana di dalam sebuah Bladder Accumulator terdapat sebuah kantong (bladder) yang menampung gas bertekanan. Gas yang digunakan pada Bladder Accumulator berupa gas nitrogen.<sup>[7]</sup>



**Gambar 2.4** Bladder Accumulator<sup>[1]</sup>

### 2.5.1 Proses Design Absorber

Untuk mengantisipasi dampak yang terlalu besar yang disebabkan dari terjadinya fenomena *backpressure* maka, dilakukan beberapa langkah-langkah untuk mengantisipasi diantaranya sebagai berikut:

#### A. Memprediksi Nilai Tekanan Balik (*Backpressure*)<sup>[2]</sup>

Untuk melakukan perhitungan dalam memprediksi nilai tekanan balik yang mungkin terjadi sehingga, diperlukan suatu perhitungan dalam proses design absorber yang ada pada pihak perusahaan dimana, perhitungan ini dapat diperoleh dari persamaan Joukowsky sebagai berikut:

$$A = \frac{1}{\sqrt{g \left( \frac{\rho}{K} + \frac{1}{E} \frac{D}{t} C \right)}} \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan:

$$A = \text{Wavespeed} \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$\rho = \text{Liquid density} \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$K = \text{Bulk modulus} \left( \frac{kgf}{m^2} \right)$$

$g = \text{Gravity constant } \left(\frac{m}{s^2}\right)$

$C = \text{Pipe constraint coefficient}$

$E = \text{Pipe material Young's modulus } \left(\frac{kgf}{m^2}\right)$

$D = \text{Pipe inside diameter (mm)}$

$t = \text{Pipe wall thickness (mm)}$

$$\Delta H = \frac{Ax\Delta V}{g} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan:

$\Delta H = \text{Surge pressure } \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$

$\Delta V = \text{Change of linear flow velocity } \left(\frac{m}{s}\right)$

$H = \text{Max surge pressure } \left(\frac{kg}{cm^2G}\right)$

$H = \Delta H + (\text{pump shutoff pressure})$   
 $+ (\text{Max suction pressure})$

## **B. Memprediksi Nilai Kapasitas Volume Tanki Absorber dalam Meredam Tekanan Balik<sup>[2]</sup>**

Dalam suatu absorber setelah diketahui berapa perkiraan nilai dari tekanan balik yang ditimbulkan, maka dalam proses design absorber berikutnya yaitu memprediksi nilai kebutuhan atau kapasitas dari absorber itu sendiri untuk dapat menghindari adanya fenomena tekanan balik yang melebihi setpoint dengan menggunakan persamaan Garsite's sebagai berikut:

$$V = \left(\frac{W.Vel^2}{64.4}\right)^{(0.4)} \left(\frac{12}{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{0.285} - 1}\right) \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan:

$V = \text{Total required volume of surge tank (liter)}$

$W = \text{Total weight of fluid in pipeline (lb)}$

$Vel = \text{Flow velocity of fluid } \left(\frac{ft}{second}\right)$

$P_2 = \text{Maximum shock or surge pressure (psia)}$

$P_1 = \text{Normal system pressure (psia)}$

### 2.5.2 Tekanan Balik

Tekanan balik (*backpressure*) adalah suatu fenomena yang terjadi pada aliran fluida transient yang mengalami gaya aksi-reaksi yang terjadi di dalam sistem pipeline. Hal ini terjadi pada fluida yang memiliki massa dan kecepatan tertentu menumbuk penghalang seperti dinding atau antar permukaan fluida itu sendiri. Sesuai hukum Newton III tentang hukum aksi-reaksi, dimana fluida yang mengenai penghalang dengan nilai gaya aksi tertentu akan menimbulkan gaya reaksi dengan nilai tertentu yang berlawanan arah dengan arah gaya aksi. Gaya reaksi dengan nilai tertentu yang mengenai suatu permukaan dengan nilai luas penampang tertentu ini yang dinamakan dengan tekanan balik (*backpressure*). Dalam suatu proses untuk menurunkan nilai *shock pressure* dari dampak adanya *backpressure* dalam pipa yang menggunakan absorber berjenis bladder accumulator terjadi dalam tiga proses utama yaitu sebagai berikut:

- A. Kondisi awal bladder accumulator berada dalam keadaan pre-charged dengan dan dimana, katub fluida dalam kondisi tertutup. Kemudian, ketika tekanan minimum bekerja, maka terdapat sejumlah *volume* fluida sebesar yang akan mengkompresi Bladder, hal yang sama pun juga terjadi ketika *volume* pada saat kondisi tekanan maksimum bekerja. Perbedaan antara kedua *volume* ini, dikatakan sebagai *volume* yang akan ditampung  $\Delta$  oleh bladder accumulator selama peristiwa *backpressure* terjadi. Dimana hubungan keduanya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta V = V_1 - V_2 \dots \dots \dots (2.8)$$



- B. Persamaan sizing gas accumulator, untuk mengetahui spesifikasi gas accumulator yang diperlukan dalam sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 DPPU Ngurah Rai maka, beberapa parameter karakteristik dari gas absorber perlu diperhitungkan. Parameter karakteristik tersebut adalah *volume* gas kompresi. *Volume* gas kompresi diperlukan pada suatu gas accumulator untuk mengurangi efek *backpressure* pada suatu system perpipaan. Secara matematis *volume* gas kompresi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_0 = \frac{\Delta V}{\left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{P_0}{P_2}\right)^{\frac{1}{n}}} \dots \dots \dots (2.9)$$

dengan:

$V_0$  = *volume* gas kompresi surge absorber (liter)

$n$  = konstanta polytropic (1.4 untuk nitrogen)

$P_0$  = tekanan pre – charge gas (bar)

$P_1$  = tekanan minimum yang bekerja (bar)

$P_2$  = tekanan maximum yang bekerja (bar)

- C. Tekanan Pre-charge Surge absorber (gas accumulator), pre-charge adalah tekanan gas dalam gas accumulator tanpa cairan hidrolis yang masuk di sisi Bladder. Surge absorber sebelumnya telah berisi gas nitrogen saat fluida bertekanan belum masuk ke dalam accumulator. Tekanan pre-charge untuk Bladder Accumulator biasa diatur sekitar sekitar 90% dari tekanan minimum sistem yang bekerja.

$$P_0 = 0.9xP_1 \dots \dots \dots (2.10)$$

Tekanan pre-charge gas accumulator merupakan variable yang sangat penting untuk memastikan accumulator bekerja secara optimal. Terlalu tinggi

tekanan pre-charge yang digunakan sehingga *volume* gas surge absorber menjadi lebih besar menyebabkan kapasitas *volume* fluida yang memasuki surge absorber menjadi berkurang. Namun jika terlalu tekanan pre-charge terlalu kecil dan *volume* gas surge absorber terlalu kecil sehingga menyebabkan *volume* fluida yang ditampung surge absorber semakin besar akan dapat menyebabkan tekanan-tekanan pada bladder atau dapat menyebabkan kegagalan dalam perakitan popet valve accumulator.

## 2.6 Reynolds Number<sup>[4]</sup>

Reynolds Number merupakan sebuah bilangan yang tidak berdimensi yang mempunyai hubungan dengan (densitas),  $v$  (kecepatan),  $L$  (panjang MAC atau mean aerodinamika chord), (viskositas dinamik). Bilangan Reynolds dapat digunakan untuk menentukan jenis aliran, apakah aliran tersebut aliran laminar atau aliran turbulen. Adapun persamaan bilangan reynold, yang terdapat dibawah ini yaitu.

$$Re = \rho v l / \mu \dots \dots \dots (2.11)$$

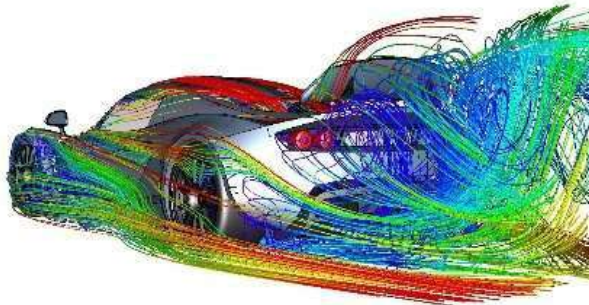
Jika nilai dari nilai reynold number yang dihasilkan sebesar 2300, maka aliran tersebut adalah aliran laminar tetapi apabila reynold number nya menghasilkan nilai diatas 4000, maka aliran tersebut adalah aliran turbulen. Sedangkan nilai reynold number berada diantara 2300 dan 4000 maka aliran tersebut dapat dikatakan sebagai aliran transisi.

## 2.7 Computational Fluid Dynamics<sup>[4]</sup>

Komputasi dinamika fluida atau Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan suatu metode komputasi yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia,

dan fenomena-fenomena lain dengan menyelesaikan persamaan matematika.

Simulasi berbasis CFD telah dikembangkan mulai tahun 1960-an pada industri luar angkasa. Namun, saat ini simulasi CFD telah digunakan secara luas pada industri manufaktur hingga industri kimia. Keuntungan menggunakan CFD dalam analisa adalah insight (pemahaman mendalam), foresight (prediksi menyeluruh), dan efficiency (efisiensi waktu dan biaya).



**Gambar 2.5** Contoh simulasi dalam CFD

Aspek fisik dari aliran dinamik fluida didasarkan pada prinsip hukum kekekalan massa, momentum dan energi. Pada umumnya terdapat tiga tahapan untuk melakukan proses simulasi CFD, yaitu:

- **Preprocessing**  
Preprocessing merupakan tahapan pertama untuk membangun dan menganalisis sebuah model CFD, yaitu dengan melakukan penggambaran geometri model, membuat mesh untuk membagi daerah komputasi menjadi sejumlah grid yang sesuai, menentukan parameter fisis dari kondisi batas model dan sifat-sifat fluidanya.
- **Processing atau solving**  
Solving merupakan tahapan untuk menghitung kondisi-kondisi yang telah diterapkan pada saat preprocessing. Pada proses solving, perhitungan dilakukan dengan cara pendekatan numerik seperti elemen hingga, beda hingga serta

volum hingga. Pada proses solving akan dilakukan iterasi hingga semua data yang dimasukkan dapat terhitung dan mencapai kondisi konvergen.

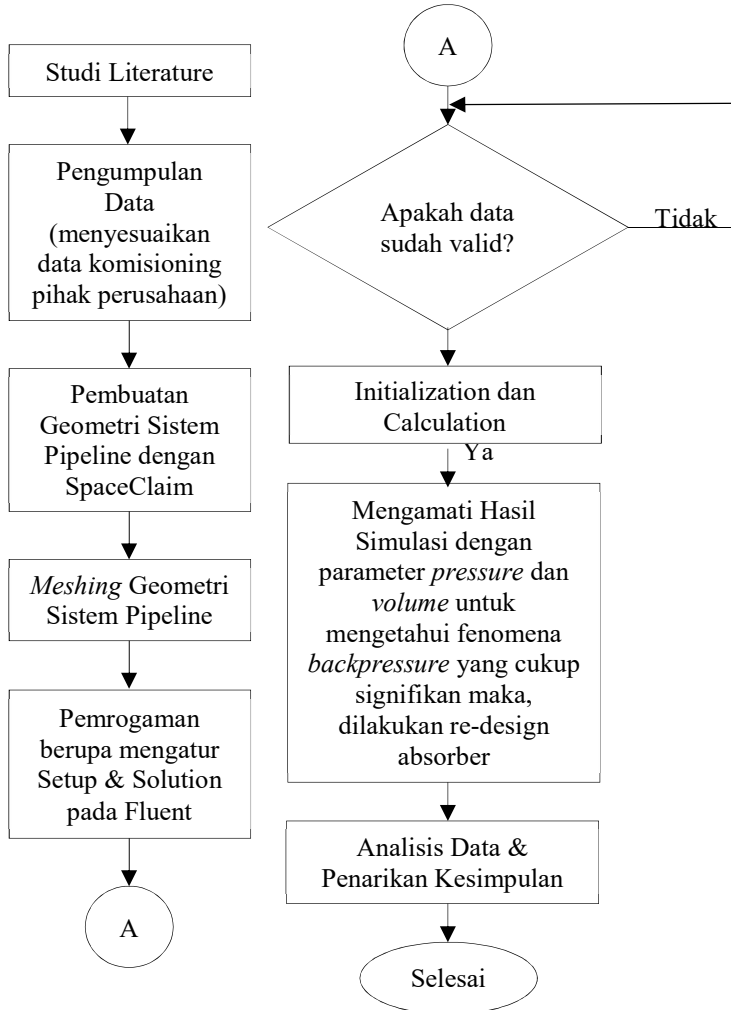
- **Postprocessing**

Postprocessing merupakan langkah terakhir dalam simulasi CFD yaitu mengorganisasi dan menginterpretasikan data hasil simulasi CFD yang berupa kontur gambar, plot grafik dan animasi. Visualisasi yang dapat ditampilkan pertama adalah kontur (contour) yang merupakan pola dari nilai parameter fisis yang disimulasikan seperti kontur kecepatan, tekanan dan vorticity. Kedua adalah vektor (vector) yang merupakan arah dari besaran seperti vektor kecepatan. Ketiga adalah bentuk aliran (streamline) yang merupakan pergerakan kontinyu fluida yang bergerak sepanjang ruang. Keempat adalah particle track yang merupakan lintasan partikel hasil diskritisasi.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara umum tahapan penelitian tugas akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir seperti Gambar 3.1 di bawah ini.

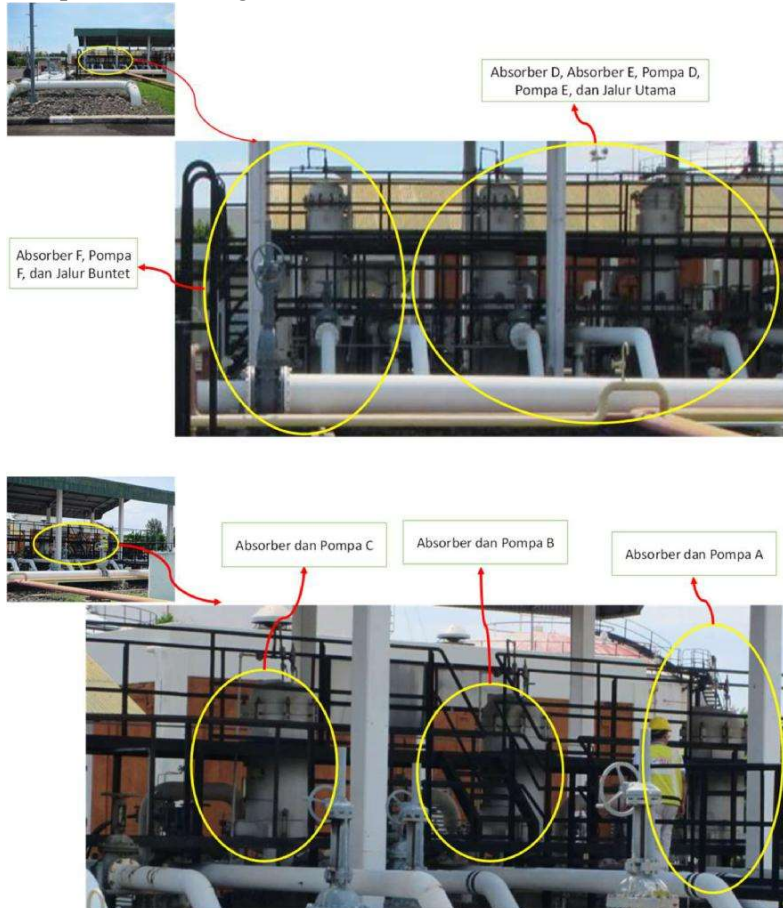


**Gambar 3.1** Skema diagram alir penelitian tugas akhir

### 3.2 Keterangan Flowchart

#### 3.2.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data-data yang menunjang penelitian dalam tugas akhir ini. Data-data yang diambil merupakan data skunder yaitu berupa data komisioning dari pihak DPPU Ngurah Rai.



**Gambar 3.2** Pipeline pada rumah pompa fase 3 DPPU Ngurah Rai<sup>[8]</sup>

Pada Gambar 3.2 merupakan kondisi di lapangan dari sistem pipeline di rumah pompa fase 3 DPPU Ngurah Rai. Dimana untuk kondisi absorber dan pompa yang ada semuanya dalam kondisi sama (ukuran, panjang, diameter dll). Fenomena *backpressure* di analisis dengan melakukan skenario pengoperasian pompa sebagaimana berikut:

Skenario Operasi	Pompa A	Pompa B	Pompa C	Pompa D	Pompa E	Pompa F	Back pressure
1	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	?
2	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	?
3	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	?
4	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	?
5	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	?
6	ON	ON	ON	ON	ON	ON	?

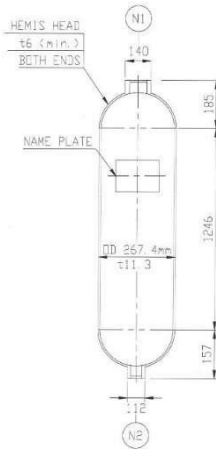
**Gambar 3.3** Skenario operasi pompa untuk analisis *backpressure*

Pada kondisi pipeline yang terdapat jalur buntu dimana, ketika setiap scenario di operasikan tidak semua aliran *avtur* mengalir ke arah outflow, melainkan ada aliran *avtur* yang mengarah ke jalur buntu. Hal ini menyebabkan adanya fenomena *backpressure* yang signifikan. Untuk jalur pipeline yang mengalami jalur buntu tersebut dapat dilihat sebagaimana gambar berikut:



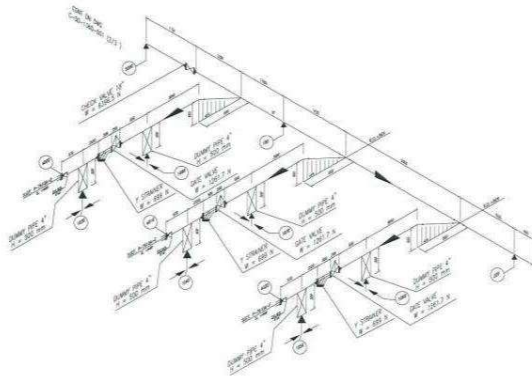
**Gambar 3.4** Pipeline jalur buntu

Sehubungan dengan adanya *backpressure* maka, di pasang absorber pada *head suction pump* dengan spesifikasi sebagai berikut:



**Gambar 3.5** Spesifikasi absorber

Pada tahap ini merupakan pipeline drawing yang akan digunakan pada pembuatan geometri dalam penelitian tugas akhir ini.



**Gambar 3.6** Pipeline drawing rumah pompa fase 3<sup>[8]</sup>



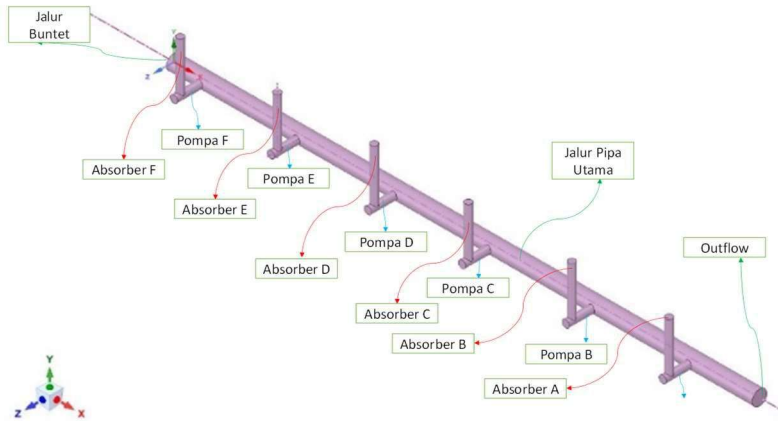
Pada pipeline drawing rumah pompa fase 3 yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini pada masing-masing komponen memiliki spesifikasi sebagai berikut:<sup>[8]</sup>

LINE ID	8"-FO-1053-A, 1054	18"-FO-1004-A
LINE CLASS	A	A
LINE SIZE	8"	18"
PIPE O.D.	219	457.2
SCH. NO.	40	STD
*WALL THK.	8	9.52
C. A.	1.5	1.8
ELB. RAD.	305	686
INS. THK.	-	-
*SP. GR. (INS.)	-	-
*DNSTY. (FLU.)	830	830
MATERIAL	API-5L B	API-5L B
*SP. GR. (PIPE)	-	-
PRESS. ( P1/P2/MP )	350 / 525	350 / 525
TEMP. (T1 / T2 )	55 / 30	55 / 30
*Ei(x10 )	-	-
*Eh(x10 )	-	-
*Ec(x10 )	-	-
*Sh	7	7
*Sc	-	-

**Gambar 3.7** Spesifikasi pipeline drawing rumah pompa fase 3<sup>[8]</sup>

### 3.2.3 Pembuatan Geometri

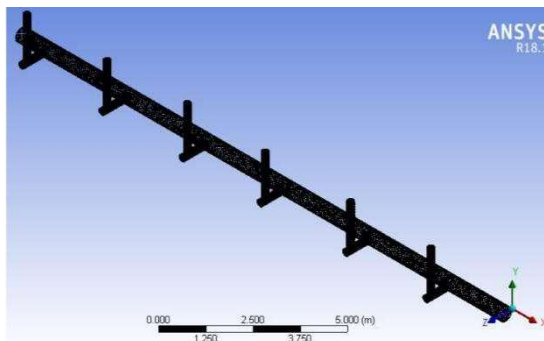
Berikutnya dimulai pembuatan geometri sistem pipeline pada rumah pompa fase 3 dengan menggunakan SpaceClaim dimana, pembuatan geometri sistem pipeline ini dimulai dari kompone yang utama terlebih dahulu, yaitu geometri komponen pipa utama, berikutnya pipa cabang, dan terakhir pembuatan geometri absorber yang terpasang di depan head suction pompa cabang.



**Gambar 3.8** Geometri sistem pipeline pada rumah pompa fase 3 DPPU Ngurah Rai<sup>[8]</sup>

### 3.2.4 Meshing

Pada tahap ini setelah proses geometri sudah selesai maka, berikutnya dilakukan proses selanjutnya yaitu *meshing*. *Meshing* merupakan suatu proses dimana domain di potong menjadi bagian-bagian dengan ukuran lebih kecil dengan tujuan agar parameter-parameter yang ada pada setup dapat diaplikasikan kedalam elemen-elemen yang ada pada sistem pipeline tersebut.



**Gambar 3.9** Hasil *meshing*<sup>[8]</sup>

### 3.2.5 Pemrograman

#### 3.2.5.1 Tahap Setup

Pada tahap setup ini terdiri dari beberapa langkah tahapan diantaranya sebagai berikut:

##### A. General

Pada tahap bagian general terdapat beberapa sub menu diantaranya mesh, solver, time, dan gravity. Data yang diisikan pada sub menu pada general ini disesuaikan dengan data yang ada pada pihak perusahaan.

- a) Pada mesh dipilih bagian check dan report quality hal ini guna melihat kualitas geometri sebelum dilakukan running.
- b) Pada solver di pilih tipe *pressure* based dengan kondisi waktu transient karena tipe ini yang sesuai dalam kasus penelitian ini dan untuk kondisi yang terjadi pada kasus ini berubah setiap waktunya oleh sebab itu dipilih transient.
- a) Pada gravity diisi dengan keadaan gravitasi bumi normal sesuai dengan data yaitu dengan nilai sebesar  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

##### B. Model

Pada tahap model ini digunakan dalam menyatakan inisial kondisi yang berikutnya di aplikasikan sehingga, diperoleh solusi melalui suatu persamaan matematis yang terstruktur.

- a) Pada bagian *energy equation* diaktifkan, namun sebenarnya tidak berpengaruh pada kasus penelitian ini, karena sebagaimana persamaan pada *energy equation* ini merepresentasikan sesuatu kasus yang mengalami perubahan temperatur dalam prosesnya, pada penelitian ini untuk perubahan temperatur tidak terlalu diperhitungkan bahkan di asumsikan konstan.
- b) Model viskositas yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini menggunakan jenis standart k-epsilon dengan 2 persamaan, karena relatif lebih sederhana jika di banding menggunakan *large eddy simulation (LES)* dalam menyelesaikan permasalahan *turbulent viscosity* dalam kasus penelitian tugas akhir ini.

### C. Materials<sup>[1]</sup>

Pada tahap ini dilakukan suatu pemilihan materials yang digunakan dalam penelitian ini dan disesuaikan dengan kondisi material yang ada pada plan. Pada bagian materials ini terdapat dua jenis material (fluid & solid) yang memiliki spesifikasi yang berbeda.

- a) Pada material fluid menggunakan jenis *avtur* dengan spesifikasi sebagai pada gambar berikut.

The screenshot shows the material specification for 'avtur' in a fluid state. The 'Name' field is 'avtur', 'Material Type' is 'fluid', and 'Chemical Formula' is 'c12h24'. The 'Mixture' is set to 'none'. The 'Properties' section includes:

Property	Value
Density (kg/m <sup>3</sup> )	830
Cp (Specific Heat) (J/kg-k)	2000
Thermal Conductivity (w/m-k)	0.13
Viscosity (kg/m-s)	4.15

**Gambar 3.10** Spesifikasi material *avtur*

- b) Pada material solid menggunakan jenis aluminum dengan spesifikasi sebagai pada gambar berikut.

The screenshot shows the material specification for 'aluminum' in a solid state. The 'Name' field is 'aluminum', 'Material Type' is 'solid', and 'Chemical Formula' is 'al'. The 'Mixture' is set to 'none'. The 'Properties' section includes:

Property	Value
Density (kg/m <sup>3</sup> )	2719
Cp (Specific Heat) (J/kg-k)	871
Thermal Conductivity (w/m-k)	202.4

**Gambar 3.11** Spesifikasi material aluminum

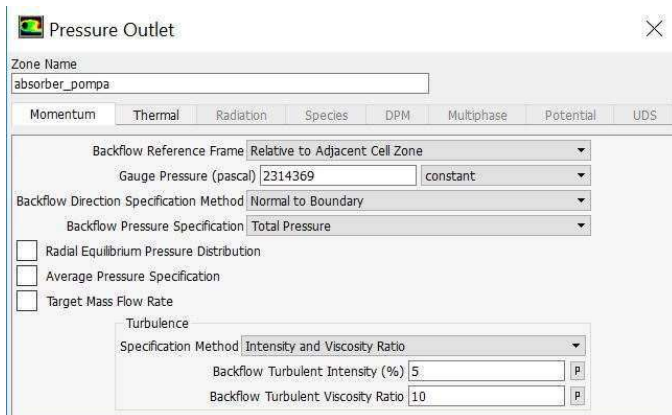
#### D. Cell Zone Conditions<sup>[1]</sup>

Pada tahap ini dilakukan pemilihan spesifikasi pada fluida *avtur* yang merupakan jenis fluida kerja yang dioperasikan pada sistem ini. Adapun nilai yang ditentukan dengan variasi temperatur dalam kondisi operasi normal yaitu 303K, dimana kondisi temperatur ini menyesuaikan dengan temperatur yang ada pada plan.

#### E. Boundary Condition<sup>[1]</sup>

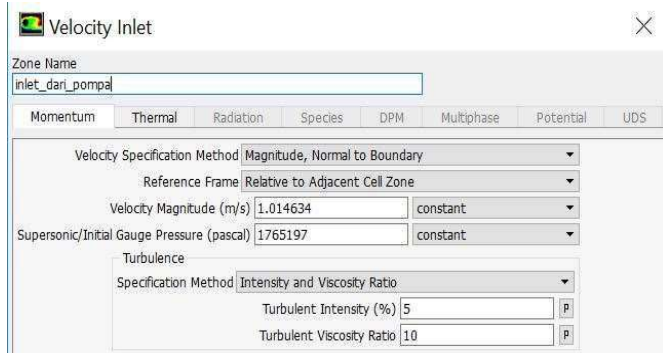
Pada tahap ini dilakukan suatu pengaturan kondisi batas pada sistem sehingga, diperoleh error dengan nilai yang relatif kecil. Kondisi batas yang digunakan mengacu pada data yang ada pada plan. Pada tahap ini terdapat beberapa kondisi batas yang diatur sesuai dengan data yang ada diantaranya sebagai berikut:

- a) Absorber, untuk semua absorber (terdapat 6 buah absorber) dilakukan pengaturan sama dengan jenis kondisi batas *pressure* outlet sebesar 23,6 kg/cm<sup>2</sup> atau sebesar 2314369,4 Pascal dengan temperatur 303K. Beberapa variasi lain juga dilakukan sebagaimana tertera pada gambar berikut.



**Gambar 3.12** Spesifikasi absorber yang diperlakukan

- b) Inlet Pompa, ini merupakan inlet dari sistem dimana, fluida dipompa dari sentrifugal pump yang kemudian ditujukan ke outlet dan berakhir di header pit pengisian bahan bakar pesawat. Inlet pompa ini terdiri dari 6 buah dan dilakukan setup dengan jenis velocity inlet, hal ini disesuaikan dengan data pada plan dengan temperatur operasi 303K dan beberapa variasi lain sebagaimana pada gambar berikut:



**Gambar 3.13** Spesifikasi inlet pompa yang diperlakukan

- c) Outlet, ini merupakan outlet dari sistem dimana, outlet ini merupakan outflow ke arah pcv dengan jenis *pressure* outlet. Dimana *pressure* pada outflow ini dijaga agar tetap konstan sebesar  $10.5 \text{ kg/cm}^2$  atau sebesar 1029698.25 Pa dengan operation temperature 303K.
- d) Walls, merupakan kondisi bagian dalam sistem yang diasumsikan steady tanpa mengalami perubahan yang transient. Bagian walls ini pada masing-masing varisasi berbeda-beda dimana telah diketahui untuk penelitian ini memiliki beberapa variasi yang merupakan variasi dari pompa-pompa yang dioperasikan. Kondisi batas yang diperlakukan pada semua walls pada penelitian ini yaitu nilai temperatur sebesar 328K. Temperatur ini merupakan temperatur operasi normal sistem.

## F. Reference Values<sup>[1]</sup>

Pada tahap ini dilakukan setting pada bagaian reference values dengan beberapa nilai yang menjadi input. Hal ini berpengaruh pada perhitungan. Terlihat sebagaimana pada gambar berikut:

Reference Values	
Area (m <sup>2</sup> )	0.161483
Density (kg/m <sup>3</sup> )	830
Enthalpy (J/kg)	0
Length (m)	18.098
Pressure (pascal)	2314369
Temperature (K)	303
Velocity (m/s)	1.014634
Viscosity (kg/m-s)	4.15
Ratio of Specific Heats	1.4

**Gambar 3.14** Reference value

### 3.2.6 Initialization dan Calculation

Pada inialization yang merupakan suatu parameter input awal dimana CFD melakukan perhitungan. Sedangkan pada run calculation pada penelitian ini terdapat beberapa parameter yang digunakan diantaranya time step size, number of time steps dan beberapa parameter lainnya. Data yang diambil pada run calculation ini menggunakan nilai time step size 60 dan number of time steps 60, hal ini berarti pengambilan data tiap menit selama 1 jam.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



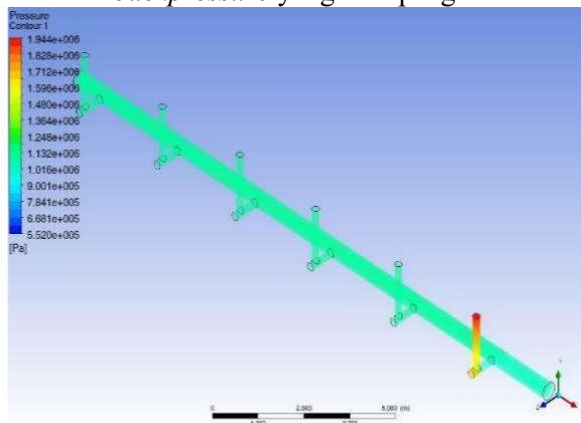
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis *backpressure* dengan parameter skenario *pressure* pada absorber

Pada analisis *backpressure* di setiap top absorber dengan skenario jumlah pompa yang dioperasikan, dilakukan analisis terhadap data kuantitatif dan kualitatif. Dengan setpoint *pressure* minimal 853178.5 Pascal dan maksimal 2.314.369 Pascal yang terjadi pada masing-masing absorber.

#### A. Skenario 1 pompa dioperasikan

Pada kondisi skenario 1 pompa dioperasikan yaitu suatu kondisi dimana, hanya pompa A yang dioperasikan. Untuk analisa *backpressure* yang terjadi pada sistem penyaluran bahan bakar (*avtur*) dengan melakukan analisis terhadap aliran fluida pada sistem. Dapat dilihat pada perubahan warna atau pola kontur yang terjadi pada gambar 4.1 dimana, pada sepanjang sistem pada pipeline terjadi suatu perubahan, dimana perubahan yang terjadi pada pipeline ini cukup sebagai bukti kuat bahwa pada sistem terjadi fenomena *backpressure* yang cukup signifikan.



**Gambar 4.1** Skenario 1 pompa dioperasikan

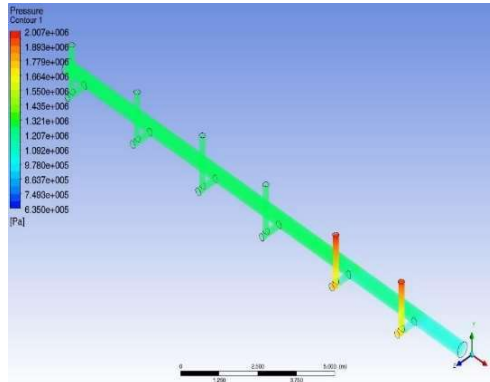
Skenario 1 pompa di operasikan			
Waktu (Menit)	Force (Pascal)(m <sup>2</sup> )	Pressure (Pascal)	Volume (Liter)
50	137260	3901575	53.6
51	137328	3903517	54.6
52	137383	3905071	55.7
53	137450	3906963	56.8
54	137497	3908314	57.9
55	137568	3910335	59.0
56	137614	3911646	60.0
57	137677	3913411	61.1
58	137724	3914756	62.2
59	137782	3916415	63.3
60	137827	3917691	64.4

**Gambar 4.2** Data 1 pompa di operasikan

Pada gambar 4.2 merupakan nilai gaya, tekanan, dan *volume* yang ada pada absorber A dimana, nilai diatas merupakan pengambilan 10 menit terakhir dari waktu operasi normal. Berdasarkan data pada gambar 4.2 terlihat bahwa *backpressure* terjadi cukup signifikan mulai menit ke 52.

### **B. Skenario 2 Pompa di Operasikan**

Pada kondisi skenario kedua dengan 2 pompa di operasikan yaitu suatu kondisi dimana, pompa A dan B yang di operasikan. Untuk analisa *backpressure* yang terjadi pada sistem dengan melakukan analisis terhadap aliran fluida pada sistem. Dapat dilihat pada perubahan warna atau pola kontur yang terjadi pada gambar 4.3 dimana, pada sepanjang sistem pada pipeline terjadi suatu perubahan, dimana perubahan yang terjadi pada pipeline ini cukup sebagai bukti kuat bahwa pada sistem terjadi fenomena *backpressure* yang cukup signifikan.



**Gambar 4.3** Skenario 2 pompa di operasikan

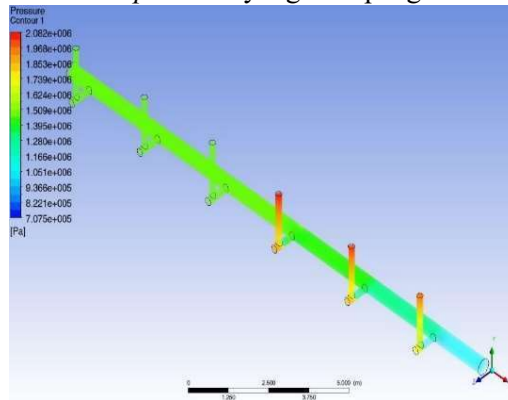
Skenario 2 pompa di operasikan						
Waktu (Menit)	Force (Pascal)(m <sup>2</sup> )		Pressure (Pascal)		Volume (Liter)	
	Absorber A	Absorber B	Absorber A	Absorber B	Absorber A	Absorber B
50	68384	69892	1943796	1986668	52.3	49.3
51	68380	69889	1943668	1986579	53.4	50.3
52	68375	69886	1943541	1986493	54.4	51.3
53	68371	69883	1943425	1986408	55.5	52.3
54	68367	69880	1943299	1986324	56.5	53.2
55	68362	69877	1943178	1986240	57.6	54.2
56	68358	69874	1943060	1986159	58.7	55.2
57	68354	69872	1942944	1986079	59.7	56.2
58	68350	69869	1942833	1986001	60.8	57.2
59	68346	69866	1942722	1985925	61.8	58.2
60	68343	69864	1942616	1985851	62.9	59.2

**Gambar 4.4** Data 2 pompa di operasikan

Pada gambar 4.4 merupakan nilai gaya, tekanan, dan *volume* yang ada pada absorber A dan B dimana, nilai diatas merupakan pengambilan 10 menit terakhir dari waktu operasi normal. Berdasarkan data pada gambar 4.4 terlihat bahwa *backpressure* terjadi cukup signifikan mulai menit ke 57 dengan nilai sebagaimana tercantum pada data diatas.

### C. Skenario 3 Pompa di Operasikan

Pada kondisi skenario 3 pompa di operasikan yaitu suatu kondisi dimana, pompa A, B, dan C yang di operasikan. Untuk analisa *backpressure* yang terjadi pada sistem penyaluran bahan bakar (*avtur*) dengan melakukan analisis terhadap aliran fluida pada sistem. Dapat dilihat pada perubahan warna atau pola kontur yang terjadi pada gambar 4.5 dimana, pada sepanjang sistem pada pipeline terjadi suatu perubahan, dimana perubahan yang terjadi pada pipeline ini cukup sebagai bukti kuat bahwa pada sistem terjadi fenomena *backpressure* yang cukup signifikan.



Gambar 4.5 Skenario 3 pompa di operasikan

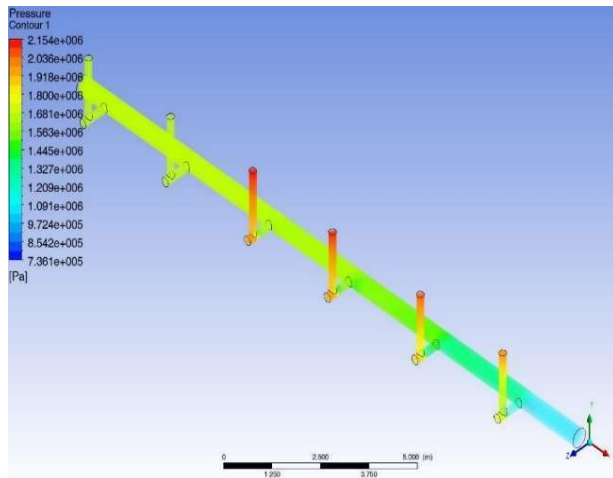
Skenario 3 pompa di operasikan									
Waktu (Menit)	Force (Pascal)(m <sup>2</sup> )			Pressure (Pascal)			Volume (Liter)		
	Absorber A	Absorber B	Absorber C	Absorber A	Absorber B	Absorber C	Absorber A	Absorber B	Absorber C
50	124530	99602	87903	3539718	2831159	2498602	51.2	45.9	43.2
51	124560	99617	87914	3540583	2831595	2498930	52.3	46.8	44.1
52	124585	99635	87929	3541294	2832088	2499340	53.3	47.7	44.9
53	124614	99650	87940	3542119	2832506	2499653	54.3	48.6	45.8
54	124639	99666	87953	3542810	2832973	2500043	55.3	49.6	46.7
55	124666	99680	87964	3543601	2833372	2500347	56.4	50.5	47.5
56	124690	99696	87977	3544271	2833827	2500720	57.4	51.4	48.4
57	124717	99710	87988	3545030	2834212	2501020	58.4	52.3	49.3
58	124740	99725	88000	3545683	2834645	2501374	59.5	53.2	50.1
59	124765	99738	88010	3546399	2835016	2501663	60.5	54.2	51.0
60	124787	99752	88022	3547035	2835427	2501998	61.5	55.1	51.9

Gambar 4.6 Data 3 pompa di operasikan

Pada gambar 4.6 merupakan nilai gaya, tekanan, dan *volume* yang ada pada absorber A, B, dan C dimana, nilai diatas merupakan pengambilan 10 menit terakhir dari waktu operasi normal. Berdasarkan data pada gambar 4.6 diatas terlihat bahwa *backpressure* terjadi cukup signifikan mulai menit ke 55 dengan nilai sebagaimana tercantum pada data diatas.

#### D. Skenario 4 Pompa di Operasikan

Pada kondisi skenario 4 pompa di operasikan yaitu suatu kondisi dimana, pompa A, B, C, dan D yang di operasikan. Untuk analisa *backpressure* yang terjadi pada sistem penyaluran bahan bakar (*avtur*) dengan melakukan analisis terhadap aliran fluida pada sistem. Dapat dilihat pada perubahan warna atau pola kontur yang terjadi pada gambar 4.7 dimana, pada sepanjang sistem pada pipeline terjadi suatu perubahan, dimana perubahan yang terjadi pada pipeline ini cukup sebagai bukti kuat bahwa pada sistem terjadi fenomena *backpressure* yang cukup signifikan.



**Gambar 4.7** Skenario 4 pompa di operasikan

Skenario 4 pompa di operasikan									
Waktu (Menit)	Force (Pascal)(m <sup>2</sup> )			Pressure (Pascal)			Volume (Liter)		
	Absorber A	Absorber B	Absorber C	Absorber A	Absorber B	Absorber C	Absorber A	Absorber B	Absorber C
50	119028	88267	70419	3383324	2508955	2001647	50.1	43.2	38.7
51	119047	88279	70429	3383884	2509301	2001911	51.1	44.1	39.5
52	119068	88291	70438	3384478	2509653	2002171	52.1	44.9	40.2
53	119087	88303	70446	3385011	2509984	2002417	53.1	45.8	41.0
54	119107	88315	70455	3385571	2510317	2002663	54.2	46.7	41.8
55	119125	88326	70463	3386083	2510639	2002902	55.2	47.5	42.6
56	119143	88337	70472	3386609	2510953	2003131	56.2	48.4	43.3
57	119161	88348	70480	3387102	2511265	2003363	57.2	49.3	44.1
58	119178	88359	70488	3387602	2511566	2003586	58.2	50.1	44.9
59	119195	88369	70495	3388070	2511864	2003810	59.2	51.0	45.7
60	119212	88379	70503	3388550	2512151	2004020	60.2	51.9	46.4
Skenario 4 pompa di operasikan									
Waktu (Menit)	Force Absorber D (Pascal)(m <sup>2</sup> )	Pressure Absorber D (Pascal)	Volume Absorber D (Liter)						
50	60981	1733362	36.0						
51	60990	1733611	36.7						
52	61000	1733900	37.4						
53	61008	1734120	38.1						
54	61017	1734395	38.9						
55	61025	1734608	39.6						
56	61034	1734863	40.3						
57	61041	1735073	41.0						
58	61050	1735315	41.7						
59	61057	1735521	42.5						
60	61065	1735750	43.2						

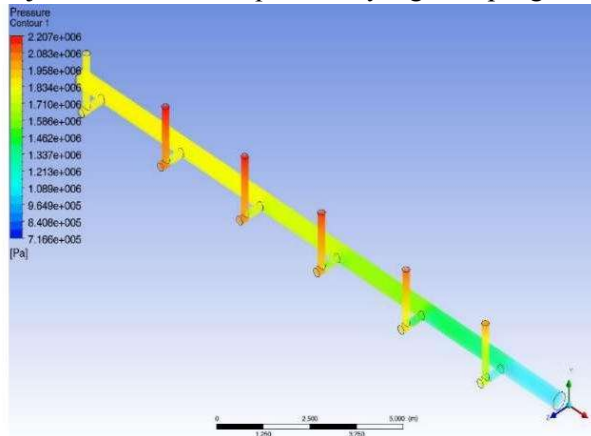
**Gambar 4.8** Data 4 pompa di operasikan

Pada gambar 4.8 merupakan nilai gaya, tekanan, dan *volume* yang ada pada absorber A, B, C, dan D dimana, nilai diatas merupakan pengambilan 10 menit terakhir dari waktu operasi normal. Berdasarkan data pada gambar 4.8 diatas terlihat bahwa *backpressure* terjadi cukup signifikan mulai menit ke 56 dengan nilai sebagaimana tercantum pada data diatas.

### E. Skenario 5 Pompa di Operasikan

Pada kondisi skenario 5 pompa di operasikan yaitu suatu kondisi dimana, pompa A, B, C, D, dan E yang di operasikan. Untuk analisa *backpressure* yang terjadi pada sistem penyaluran bahan bakar (*avtur*) dengan melakukan analisis terhadap aliran fluida pada sistem. Dapat dilihat pada perubahan warna atau pola kontur yang terjadi pada gambar 4.9 dimana, pada sepanjang sistem pada pipeline terjadi suatu perubahan, dimana perubahan yang

terjadi pada pipeline ini cukup sebagai bukti kuat bahwa pada sistem terjadi fenomena *backpressure* yang cukup signifikan.



Gambar 4.9 Skenario 5 pompa di operasikan

Skenario 5 pompa di operasikan									
Waktu (Menit)	Force (Pascal)(m <sup>2</sup> )			Pressure (Pascal)			Volume (Liter)		
	Absorber A	Absorber B	Absorber C	Absorber A	Absorber B	Absorber C	Absorber A	Absorber B	Absorber C
50	114969	80062	58945	3267968	2275729	1675499	49.3	41.1	35.4
51	114981	80073	58954	3268295	2276046	1675760	50.3	42.0	36.1
52	114998	80085	58965	3268775	2276390	1676052	51.3	42.8	36.8
53	115010	80096	58974	3269119	2276694	1676317	52.3	43.6	37.5
54	115025	80107	58984	3269543	2277019	1676594	53.2	44.4	38.2
55	115037	80117	58993	3269878	2277306	1676848	54.2	45.3	38.9
56	115050	80128	59002	3270271	2277619	1677116	55.2	46.1	39.6
57	115061	80138	59011	3270586	2277902	1677362	56.2	46.9	40.3
58	115075	80149	59020	3270960	2278197	1677623	57.2	47.7	41.1
59	115085	80158	59028	3271242	2278476	1677859	58.2	48.6	41.8
60	115097	80169	59037	3271606	2278779	1678111	59.2	49.4	42.5

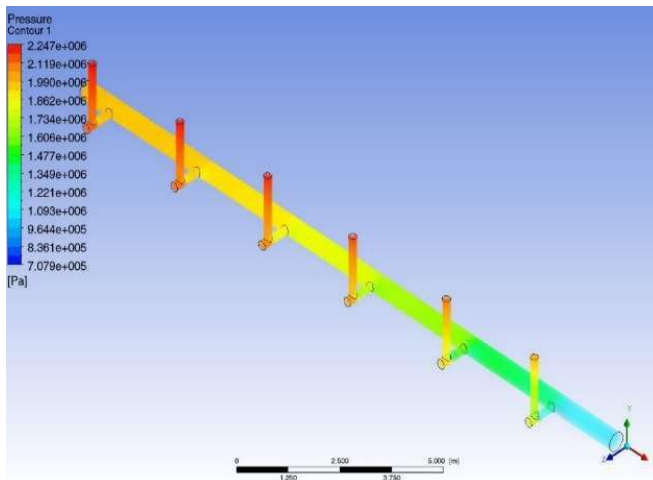
Skenario 5 pompa di operasikan						
Waktu (Menit)	Force (Pascal)(m <sup>2</sup> )		Pressure (Pascal)		Volume (Liter)	
	Absorber D	Absorber E	Absorber D	Absorber E	Absorber D	Absorber E
50	46287	41975	1315686	1193122	31.3	29.9
51	46295	41981	1315917	1193284	32.0	30.5
52	46303	41987	1316153	1193454	32.6	31.1
53	46311	41992	1316387	1193620	33.2	31.7
54	46319	41998	1316609	1193778	33.8	32.3
55	46327	42003	1316831	1193933	34.5	32.9
56	46335	42009	1317047	1194088	35.1	33.5
57	46342	42014	1317262	1194239	35.7	34.1
58	46350	42019	1317471	1194387	36.4	34.7
59	46357	42024	1317677	1194531	37.0	35.3
60	46364	42029	1317880	1194674	37.6	35.9

Gambar 4.10 Data 5 pompa di operasikan

Pada gambar 4.10 merupakan nilai gaya, tekanan, dan *volume* yang ada pada absorber A, B, C, D, dan E dimana, nilai diatas merupakan pengambilan 10 menit terakhir dari waktu operasi normal. Berdasarkan data pada gambar 4.10 diatas terlihat bahwa *backpressure* terjadi cukup signifikan mulai menit ke 57 dengan nilai sebagaimana tercantum pada data diatas.

## F. Skenario 6 Pompa di Operasikan

Pada kondisi skenario 6 pompa di operasikan yaitu suatu kondisi dimana, semua pompa di operasikan. Untuk analisa *backpressure* yang terjadi pada sistem penyaluran bahan bakar (*avtur*) dengan melakukan analisis terhadap aliran fluida pada sistem. Dapat dilihat pada perubahan warna atau pola kontur yang terjadi pada gambar 4.11 dimana, pada sepanjang sistem pada pipeline terjadi suatu perubahan, dimana perubahan yang terjadi pada pipeline ini cukup sebagai bukti kuat bahwa pada sistem terjadi fenomena *backpressure* yang cukup signifikan.



**Gambar 4.11** Skenario 6 pompa di operasikan



Skenario 6 pompa di operasikan									
Waktu (Menit)	Force (Pascal)(m <sup>2</sup> )			Pressure (Pascal)			Volume (Liter)		
	Absorber A	Absorber B	Absorber C	Absorber A	Absorber B	Absorber C	Absorber A	Absorber B	Absorber C
50	112110	74535	51276	3186691	2118630	1457491	48.7	39.7	33.0
51	112122	74548	51285	3187020	2119003	1457770	49.7	40.5	33.6
52	112134	74558	51296	3187374	2119290	1458082	50.6	41.3	34.3
53	112145	74571	51306	3187677	2119643	1458353	51.6	42.1	35.0
54	112157	74580	51316	3188026	2119900	1458654	52.6	42.9	35.6
55	112167	74591	51326	3188310	2120237	1458925	53.6	43.7	36.3
56	112179	74600	51336	3188643	2120486	1459218	54.5	44.5	37.0
57	112188	74612	51345	3188898	2120815	1459477	55.5	45.3	37.6
58	112199	74620	51356	3189227	2121045	1459768	56.5	46.1	38.3
59	112208	74631	51365	3189487	2121366	1460025	57.5	46.9	38.9
60	112219	74639	51374	3189787	2121599	1460300	58.4	47.7	39.6

Skenario 6 pompa di operasikan									
Waktu (Menit)	Force (Pascal)(m <sup>2</sup> )			Pressure (Pascal)			Volume (Liter)		
	Absorber A	Absorber B	Absorber C	Absorber A	Absorber B	Absorber C	Absorber A	Absorber B	Absorber C
50	37375	30646	27075	1062386	871100	769592	28.1	25.5	23.9
51	37385	30652	27080	1062667	871270	769729	28.7	26.0	24.4
52	37393	30657	27084	1062883	871424	769858	29.3	26.6	24.9
53	37403	30663	27089	1063155	871589	769997	29.8	27.1	25.4
54	37410	30668	27093	1063368	871738	770122	30.4	27.6	25.8
55	37420	30674	27098	1063638	871905	770261	31.0	28.1	26.3
56	37427	30679	27103	1063848	872051	770385	31.5	28.6	26.8
57	37436	30685	27107	1064106	872212	770520	32.1	29.1	27.3
58	37443	30690	27112	1064314	872359	770643	32.6	29.6	27.8
59	37452	30696	27116	1064569	872520	770776	33.2	30.2	28.2
60	37459	30701	27121	1064770	872661	770895	33.8	30.7	28.7

**Gambar 4.12** Data 6 pompa di operasikan

Pada gambar 4.12 diatas merupakan nilai gaya, tekanan, dan *volume* yang ada pada absorber A, B, C, D, E, dan F dimana, nilai diatas merupakan pengambilan 10 menit terakhir dari waktu operasi normal. Berdasarkan data pada gambar 4.12 diatas terlihat bahwa *backpressure* terjadi cukup signifikan mulai menit ke 58 dengan nilai sebagaimana tercantum pada data diatas.

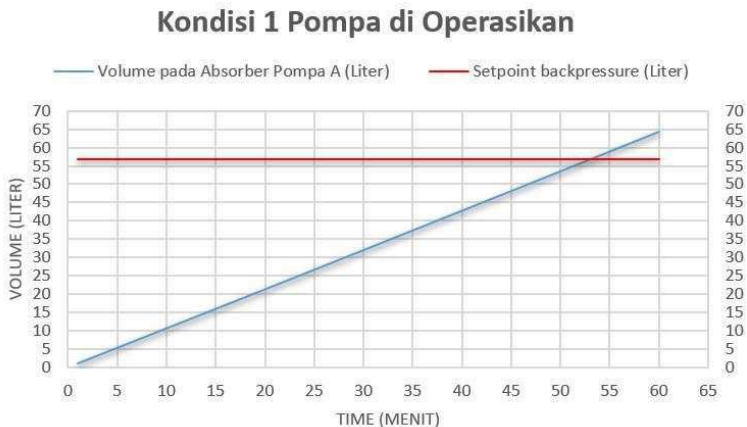
#### 4.2 Analisis *backpressure* dengan parameter skenario *volume* pada absorber

Pada analisis *volume backpressure* yang masuk pada masing-masing absorber dengan variasi jumlah pompa yang di operasikan ini dilakukan analisis data kuantitatif dan kualitatif. Dengan setpoint sebesar 58,6 liter dalam waktu operasi selama 1 jam. Dimana, apabila nilai *volume* yang masuk pada masing-masing absorber selalu meningkat hal ini menunjukkan adanya fenomena *backpressure*, dan apabila melebihi 56,8 liter maka dalam range

operasi 1 jam tersebut maka, hal ini memberikan indikasi terjadinya fenomena *backpressure* yang signifikan pada masing-masing absorber dan perlu dilakukan re-design absorber untuk menyelesaikan permasalahan diatas.

### A. Skenario 1 Pompa di Operasikan

Pada skenario pertama dengan kondisi 1 pompa di operasikan yaitu suatu kondisi dimana, hanya pompa A yang di operasikan. Pada skenario dengan kondisi 1 pompa di operasikan ini, diperoleh data *volume backpressure* dengan variasi waktu tiap menit selama 1 jam sebagai berikut:

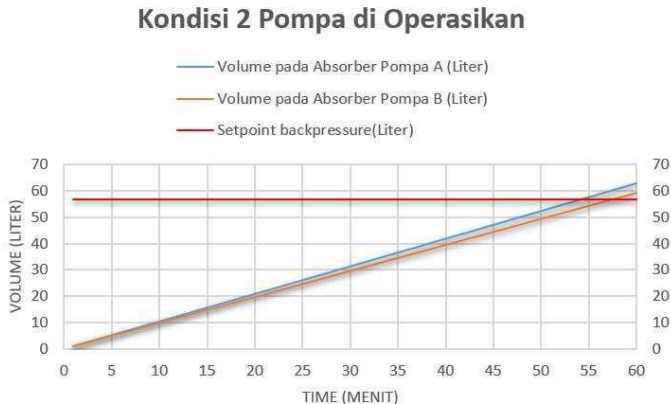


**Gambar 4.13** *Volume backpressure* pada absorber untuk kondisi 1 pompa di operasikan

Pada gambar 4.13 terlihat bahwa untuk operasi awal nilai *backpressure* pada absorber A sebesar 1.0584 liter. Sedangkan, untuk kondisi waktu 1 jam dioperasikan nilai *backpressure* pada absorber A meningkat menjadi 64.3688 liter. Untuk absorber A tidak sesuai setpoint operasi yang telah ditetapkan oleh pihak perusahaan.

## B. Skenario 2 Pompa di Operasikan

Pada skenario kedua dengan kondisi 2 pompa yang dioperasikan yaitu suatu kondisi dimana, hanya pompa A dan B yang dioperasikan. Pada kondisi 2 pompa dioperasikan ini diperoleh data *volume backpressure* dengan variasi waktu tiap menit selama 1 jam sebagai berikut:



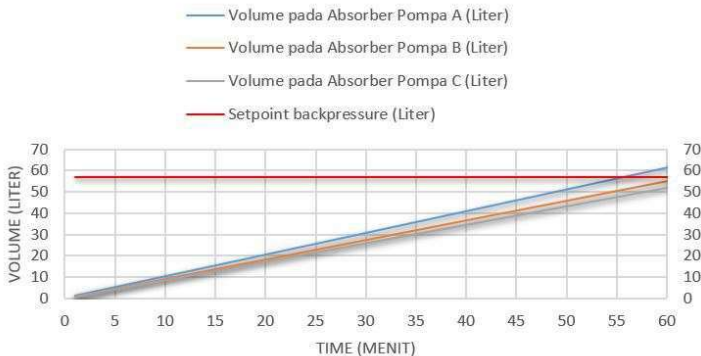
**Gambar 4.14** *Volume backpressure* pada absorber untuk kondisi 2 pompa dioperasikan

Pada gambar 4.14 terlihat bahwa untuk operasi awal nilai *backpressure* yang masuk pada absorber A sebesar 1.0365 liter dan absorber B sebesar 0.9777 liter. Sedangkan, untuk kondisi waktu 1 jam operasi nilai *backpressure* yang masuk pada absorber A meningkat menjadi 62.8691 liter, dan absorber B meningkat menjadi 59.1952 liter. Pada kondisi ini, untuk absorber A dan B tidak memenuhi setpoint operasi.

### C. Skenario 3 Pompa di Operasikan

Pada skenario ketiga dengan kondisi 3 pompa yang di operasikan yaitu suatu kondisi dimana, pompa A, B, dan C yang di operasikan. Pada skenario ketiga dengan kondisi 3 pompa di operasikan ini diperoleh data *volume backpressure* dengan variasi waktu tiap menit selama 1 jam sebagai berikut:

#### Kondisi 3 Pompa di Operasikan



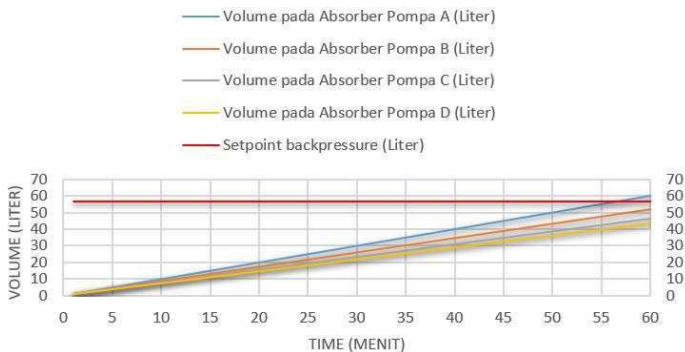
**Gambar 4.15** *Volume backpressure* pada absorber untuk kondisi 3 pompa di operasikan

Pada gambar 4.15 terlihat bahwa untuk operasi awal dengan kondisi waktu 1 menit nilai *backpressure* yang masuk pada absorber A sebesar 1.0182 liter, absorber B sebesar 0.9128 liter, dan absorber C sebesar 0.8600 liter. Sedangkan, untuk kondisi waktu 1 jam operasi nilai *backpressure* yang masuk pada absorber A meningkat menjadi 61.5224 liter, absorber B menjadi 55.0801 liter, dan absorber C menjadi 51.8725 liter. Pada skenario ketiga dengan kondisi 3 pompa yang di operasikan dengan waktu operasi selama 1 jam untuk absorber A tidak memenuhi setpoint operasi, sedangkan untuk absorber B dan C masih dalam range setpoint operasi.

#### D. Skenario 4 Pompa di Operasikan

Pada skenario keempat dengan kondisi 4 pompa di operasikan yaitu suatu kondisi dimana, pompa A, B, C, dan D yang di operasikan. Pada skenario keempat dengan kondisi 4 pompa di operasikan ini diperoleh data *volume backpressure* dengan variasi waktu tiap menit selama 1 jam sebagai berikut:

##### Kondisi 4 Pompa di Operasikan



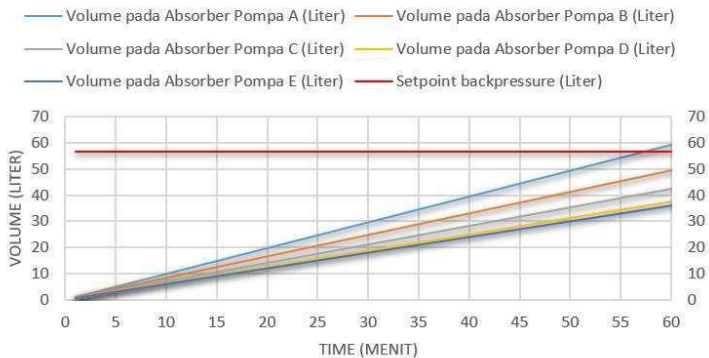
**Gambar 4.16** *Volume backpressure* pada absorber untuk kondisi 4 pompa di operasikan

Pada gambar 4.16 terlihat bahwa untuk operasi awal nilai *backpressure* yang masuk pada absorber A sebesar 0.9980 liter, absorber B sebesar 0.8607 liter, absorber C sebesar 0.7709 liter, dan absorber D sebesar 0.7164 liter. Sedangkan, untuk kondisi waktu 1 jam operasi nilai *volume fluida (backpressure)* yang masuk pada absorber A meningkat menjadi 60.1891 liter, absorber B menjadi 51.8736 liter, absorber C menjadi 46.4464 liter, dan absorber D menjadi 43.1876 liter. Pada skenario keempat dengan kondisi 4 pompa yang di operasikan ini dengan durasi operasi selama 1 jam, untuk absorber A tidak memenuhi setpoint operasi, sedangkan untuk absorber B, C, dan D masih dalam setpoint operasi.

### E. Skenario 5 Pompa di Operasikan

Pada skenario kelima dengan kondisi 5 pompa di operasikan yaitu suatu kondisi dimana, semua pompa di operasikan kecuali pompa F. Pada skenario kelima dengan kondisi 5 pompa di operasikan ini diperoleh data *volume backpressure* dengan variasi waktu tiap menit selama 1 jam sebagai berikut:

#### Kondisi 5 Pompa di Operasikan



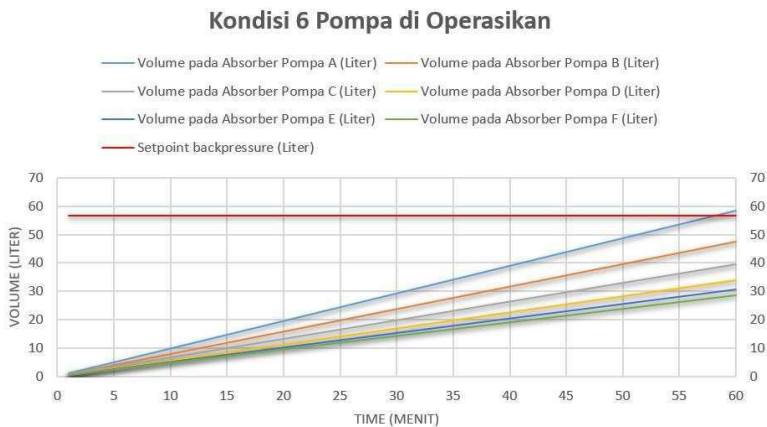
**Gambar 4.17** *Volume backpressure* pada absorber untuk kondisi 5 pompa di operasikan

Pada gambar 4.17 terlihat bahwa untuk operasi nilai *volume* fluida (*backpressure*) yang masuk pada absorber A sebesar 0.9820 liter, absorber B sebesar 0.8199 liter, absorber C sebesar 0.7048 liter, absorber D sebesar 0.6239 liter, dan absorber E sebesar 0.5961 liter. Sedangkan, untuk kondisi waktu 1 jam operasi nilai *volume* fluida (*backpressure*) yang masuk pada absorber A meningkat menjadi 59.1754 liter, absorber B menjadi 49.3997 liter, absorber C menjadi 42.4797 liter, absorber D menjadi 37.6156 liter, dan absorber E menjadi 35.9064 liter. Pada skenario kelima dengan kondisi 5 pompa yang di operasikan ini dengan durasi operasi normal selama 1

jam, untuk absorber A tidak memenuhi setpoint operasi, sedangkan untuk absorber B, C, D, dan E masih dalam setpoint.

## F. Skenario 6 Pompa di Operasikan

Pada skenario keenam dengan kondisi 6 pompa di operasikan yaitu suatu kondisi dimana, semua pompa di operasikan. Pada skenario keenam dengan kondisi 6 pompa di operasikan ini diperoleh data *volume* dengan variasi waktu tiap menit selama 1 jam sebagai berikut:



**Gambar 4.18** *Volume backpressure* pada absorber untuk kondisi 6 pompa di operasikan

Pada gambar 4.18 terlihat bahwa untuk operasi awal nilai *volume* fluida (*backpressure*) yang masuk pada absorber A sebesar 0.9703 liter, absorber B sebesar 0.7908 liter, absorber C sebesar 0.6566 liter, absorber D sebesar 0.5596 liter, absorber E sebesar 0.5086 liter, dan absorber F sebesar 0.4765. Sedangkan, untuk kondisi waktu 1 jam operasi nilai *volume* fluida (*backpressure*) yang masuk pada absorber A meningkat menjadi 58.4493 liter, absorber B menjadi 47.6590 liter, absorber C menjadi 39.6042 liter, absorber D menjadi 33.7781 liter, absorber E menjadi

30.6637 liter, dan absorber F menjadi 28.7188 liter. Pada kondisi 6 pompa yang dioperasikan ini, untuk absorber A tidak memenuhi setpoint operasi, sedangkan untuk absorber B, C, D, E, dan F masih dalam setpoint operasi dengan durasi operasi 1 jam.

### **4.3 Analisis Dampak *Backpressure* terhadap Absorber yang terpasang pada *head suction pump***

Pada tugas akhir ini dilakukan penelitian yang membahas tentang terjadinya fenomena *backpressure* yang terjadi pada absorber rumah pompa fase 3 di DPPU Ngurah Rai dengan menggunakan 6 skenario operasi dimana, pada masing-masing skenario operasi berbasis pada jumlah pompa yang dioperasikan. Skenario operasi pertama dengan mengoperasikan 1 pompa, skenario operasi kedua dengan mengoperasikan 2 pompa, dan seperti itu seterusnya sampai skenario operasi keenam yaitu dengan semua pompa yang dioperasikan.

Pada semua skenario operasi yang digunakan pada penelitian ini dengan parameter *pressure* fenomena *backpressure* dapat dilihat setiap perubahan nilai *pressure* yang terus meningkat mulai menit awal operasi sampai menit akhir operasi yaitu sekitar selama 1 jam. Pengamatan *backpressure* dilakukan pada top absorber di masing-masing skenario operasi mulai skenario operasi pertama sampai skenario operasi keenam. Dimana, untuk nilai *backpressure* maksimal pada semua skenario operasi di setting sebesar 2314369.4 Pascal. Terlihat pada skenario operasi pertama, nilai *backpressure* pada absorber A melebihi nilai setting maksimal *pressure* yang ada. Pada skenario operasi kedua, fenomena *backpressure* juga terjadi pada absorber A, dan absorber B, namun masih dalam kondisi normal. Pada skenario operasi ketiga, fenomena *backpressure* terjadi pada absorber A, absorber B, dan absorber C semuanya melebihi batas setting maksimal *pressure* yang diperkenankan. Pada skenario operasi keempat, fenomena *backpressure* terjadi pada semua absorber yang dioperasikan yaitu pada absorber C, dan absorber D masih dalam range operasi normal



sedangkan, pada absorber A, dan absorber B melebihi setting maksimal *pressure* yang diperkenankan. Pada skenario operasi kelima, *backpressure* juga terjadi pada semua absorber yang dioperasikan namun, hanya 1 absorber yang melebihi batas yaitu absorber A sedangkan, pada absorber lainnya masih dalam range operasi normal. Pada skenario operasi keenam, kondisi *backpressure* sama dengan variasi kelima namun nilai *pressure* nya yang berbeda.

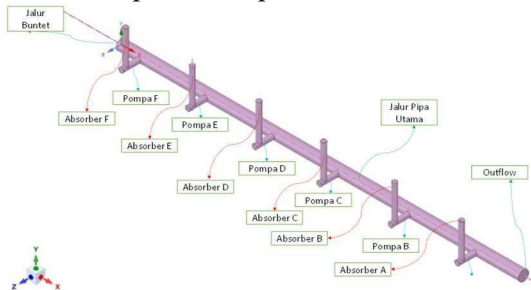
Pada skenario operasi dengan parameter *volume* dapat terlihat dengan jelas bahwa fenomena *backpressure* terjadi pada semua skenario operasi. Hal ini terlihat jelas pada setiap absorber dalam semua skenario operasi yang dilakukan, dimana *volume* fluida *avtur* yang masuk pada masing-masing absorber dalam semua skenario operasi selalu meningkat setiap menit nya selama durasi operasi. Dimana, untuk skenario operasi dengan parameter *volume* ini batas *volume backpressure* yang di perkenankan pada masing-masing top absorber sebesar 56,8 liter dengan durasi operasi sebesar 1 jam atau 60 menit operasi. Pada skenario operasi pertama absorber A tidak memenuhi setpoint karena pada menit ke-54 *volume backpressure* yang masuk pada absorber A sudah melebihi batas setting. Pada skenario operasi kedua, tidak sesuai setpoint pada absorber terjadi di absorber A pada menit ke-55, dan absorber B pada menit ke-58. Pada skenario operasi ketiga, tidak sesuai dengan setpoint untuk absorber terjadi pada absorber A pada menit ke-56. Pada skenario operasi keempat, skenario operasi kelima, dan skenario operasi keenam tidak sesuai dengan setpoint untuk absorber semuanya terjadi pada absorber A pada waktu masing-masing menit ke-57 untuk skenario operasi keempat, menit ke-58 untuk skenario operasi kelima, dan menit ke-59 untuk skenario operasi keenam.

Dalam kedua parameter diatas, dioperasikan pada kondisi waktu normal operasi yaitu dengan range operasi 1 menit sampai 1 jam. Sedangkan ketika kondisi operasi ditingkatkan menjadi 2 jam, ada masing-masing skenario operasi semua absorber akan mengalami suatu perubahan atau fenomena *backpressure* yang

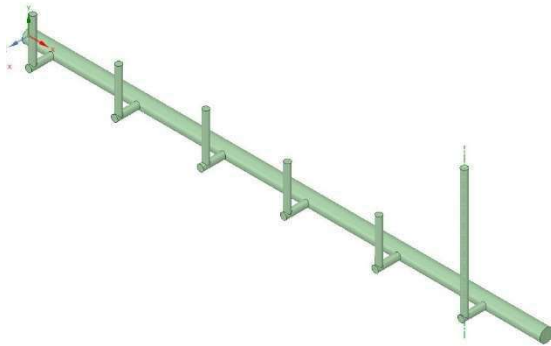
cukup signifikan. Hal ini menyebabkan pada absorber sering mengalami kerusakan sehingga, diperlukan suatu management operational yang tepat dengan tujuan mengurangi efek atau dampak yang dihasikan dari adanya fenomena *backpressure* yang signifikan tersebut.

#### 4.4 Management operation dengan re-design Absorber

Pada tahap ini berdasarkan analisis fenomena *backpressure* yang terjadi pada masing-masing absorber didapat bahwa untuk kondisi waktu operasi 2 jam maka, semua absorber dengan semua skenario operasi mengalami *backpressure*. Namun, dengan kondisi operasi normal yaitu dengan range durasi 1 menit sampai 1 jam di dapat bahwa untuk semua skenario operasi hanya absorber A yang mengalami *backpressure* yang cukup signifikan kecuali, pada variasi kedua dimana fenomena *backpressure* yang signifikan terjadi pada absorber A dan absorber B. Oleh sebab itu, dilakukan suatu re-design absorber dengan merubah ukuran dimensi absorber yang awalnya memiliki dimensi dengan spesifikasi diameter 213.4 mm dan tinggi 1588 mm, menjadi dimensi dengan ukuran diameter 225 mm dan dengan tinggi 4500 mm. Dengan adanya re-design absorber ini maka didapat hasil bahwa untuk kondisi operasi normal yaitu dengan durasi 1 menit sampai 1 jam permasalahan *backpressure* dapat teratasi dengan baik yaitu, dengan indikasi bahwa tidak ada *volume backpressure* yang melebihi 56,8 liter sebelum durasi 1 jam operasi. Untuk pola kontur dari hasil simulasi re-design absorber dapat dilihat pada data berikut:

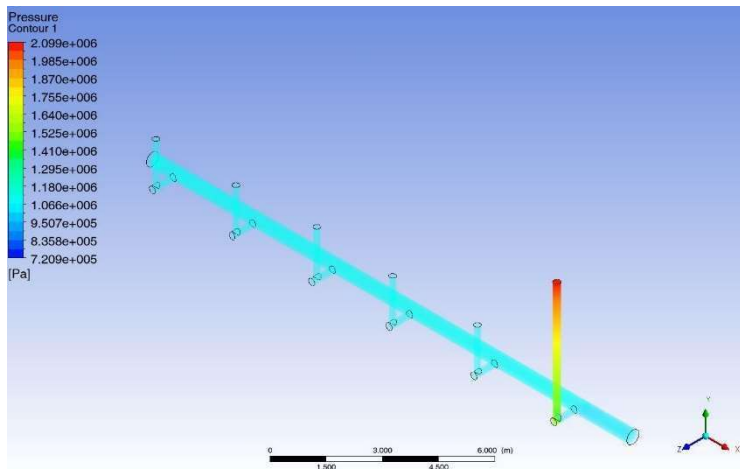


**Gambar 4.19** Geometri sebelum re-design



**Gambar 4.20** Geometri setelah re-design

### A. Kondisi re-design absorber 1 pompa di operasikan

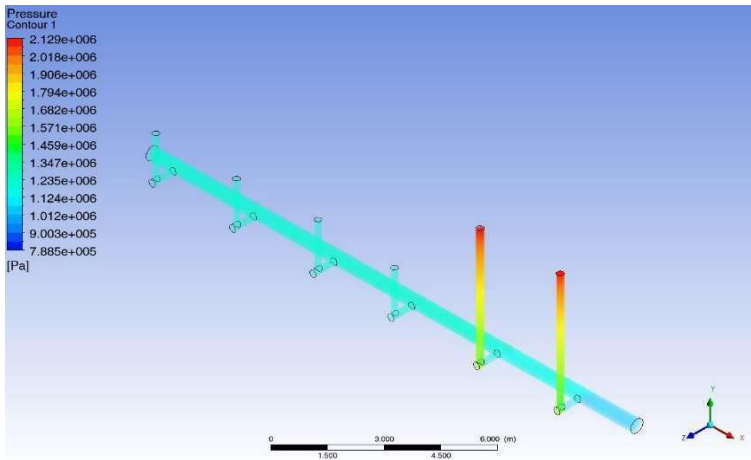


**Gambar 4.21** Kontur persebaran *pressure* untuk 1 pompa bekerja kondisi re-design

Untuk kondisi hasil re-design terlihat masih adanya fenomena *backpressure* yang terjadi pada top absorber yang

terpasang pada *head suction pump* maupun pada pipeline sepanjang sistem penyaluran bahan bakar (*avtur*). Hal ini (fenomena *backpressure*) memang masih terjadi, namun hal ini tidak signifikan lagi, dikarenakan dalam kondisi re-design pada absorber yang tidak sesuai setpoint ini, fenomena *backpressure* sudah dapat teratasi dengan baik dengan kondisi re-design sehingga, tidak menimbulkan *backpressure* yang berlebih dalam range waktu operasi 2 jam, dalam arti lain kondisi re-design ini sudah memenuhi setpoint yang ada pada pihak perusahaan.

## B. Kondisi re-design absorber 2 pompa dioperasikan

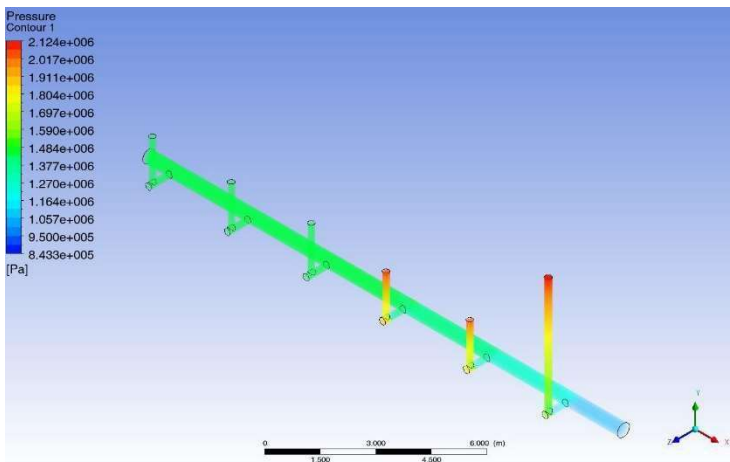


**Gambar 4.22** Kontur persebaran *pressure* untuk 2 pompa bekerja kondisi re-design

Untuk kondisi hasil re-design terlihat masih adanya fenomena *backpressure* yang terjadi pada top absorber yang terpasang pada *head suction pump* maupun pada pipeline sepanjang sistem penyaluran bahan bakar (*avtur*). Hal ini

(fenomena *backpressure*) memang masih terjadi, namun hal ini tidak signifikan lagi, dikarenakan dalam kondisi re-design pada absorber yang tidak sesuai setpoint ini, fenomena *backpressure* sudah dapat teratasi dengan baik dengan kondisi re-design sehingga, tidak menimbulkan *backpressure* yang berlebih dalam range waktu operasi 2 jam, dalam arti lain kondisi re-design ini sudah memenuhi setpoint yang ada pada pihak perusahaan.

### C. Kondisi re-design absorber 3 pompa di operasikan

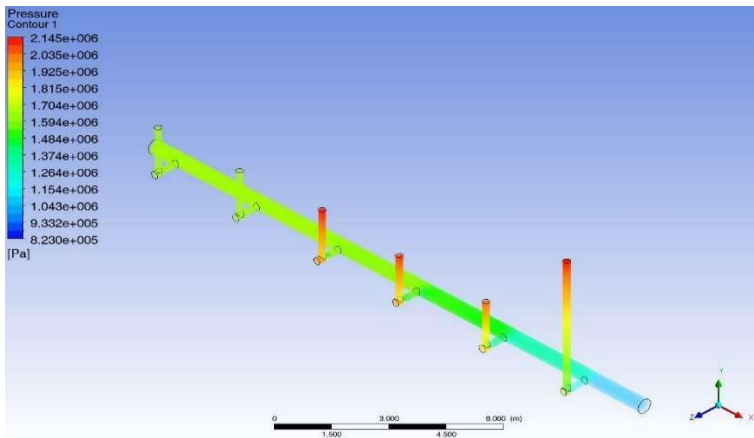


**Gambar 4.23** Kontur persebaran *pressure* untuk 3 pompa bekerja kondisi re-design

Untuk kondisi hasil re-design terlihat masih adanya fenomena *backpressure* yang terjadi pada top absorber yang terpasang pada *head suction pump* maupun pada pipeline sepanjang sistem penyaluran bahan bakar (*avtur*). Hal ini (fenomena *backpressure*) memang masih terjadi, namun hal ini tidak signifikan lagi, dikarenakan dalam kondisi re-design pada absorber yang tidak sesuai setpoint ini, fenomena *backpressure*

sudah dapat teratasi dengan baik dengan kondisi re-design sehingga, tidak menimbulkan *backpressure* yang berlebih dalam range waktu operasi 2 jam, dalam arti lain kondisi re-design ini sudah memenuhi setpoint yang ada pada pihak perusahaan.

#### D. Kondisi re-design absorber 4 pompa di operasikan

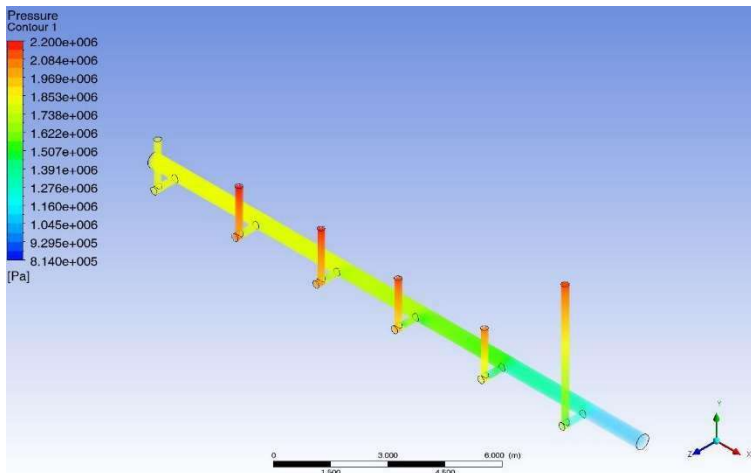


**Gambar 4.24** Kontur persebaran *pressure* untuk 4 pompa bekerja kondisi re-design

Untuk kondisi hasil re-design terlihat masih adanya fenomena *backpressure* yang terjadi pada top absorber yang terpasang pada *head suction pump* maupun pada pipeline sepanjang sistem penyaluran bahan bakar (*avtur*). Hal ini (fenomena *backpressure*) memang masih terjadi, namun hal ini tidak signifikan lagi, dikarenakan dalam kondisi re-design pada absorber yang tidak sesuai setpoint ini, fenomena *backpressure* sudah dapat teratasi dengan baik dengan kondisi re-design

sehingga, tidak menimbulkan *backpressure* yang berlebih dalam range waktu operasi 2 jam, dalam arti lain kondisi re-design ini sudah memenuhi setpoint yang ada pada pihak perusahaan.

### E. Kondisi re-design absorber 5 pompa dioperasikan

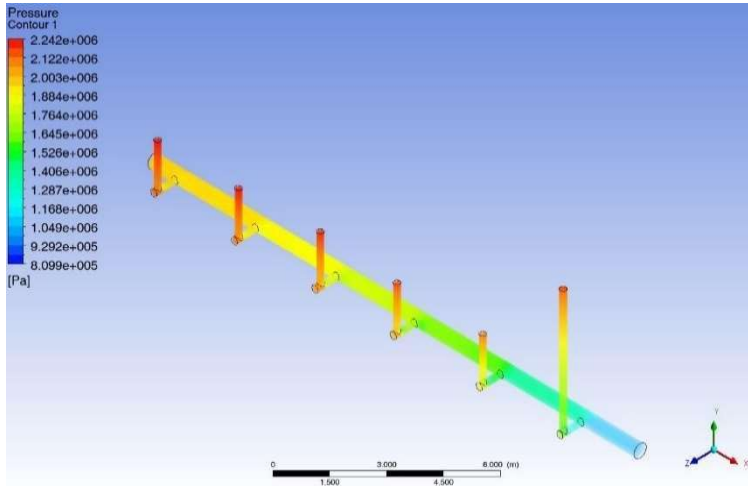


**Gambar 4.25** Kontur persebaran *pressure* untuk 5 pompa bekerja kondisi re-design

Untuk kondisi hasil re-design terlihat masih adanya fenomena *backpressure* yang terjadi pada top absorber yang terpasang pada *head suction pump* maupun pada pipeline sepanjang sistem penyaluran bahan bakar (*avtur*). Hal ini (fenomena *backpressure*) memang masih terjadi, namun hal ini tidak signifikan lagi, dikarenakan dalam kondisi re-design pada absorber yang tidak sesuai setpoint ini, fenomena *backpressure* sudah dapat teratasi dengan baik dengan kondisi re-design sehingga, tidak menimbulkan *backpressure* yang berlebih dalam range waktu operasi 2 jam, dalam arti lain kondisi re-

design ini sudah memenuhi setpoint yang ada pada pihak perusahaan.

## F. Kondisi re-design absorber 6 pompa di operasikan



**Gambar 4.26** Kontur persebaran *pressure* untuk 6 pompa bekerja kondisi re-design

Untuk kondisi hasil re-design terlihat masih adanya fenomena *backpressure* yang terjadi pada top absorber yang terpasang pada *head suction pump* maupun pada pipeline sepanjang sistem penyaluran bahan bakar (*avtur*). Hal ini (fenomena *backpressure*) memang masih terjadi, namun hal ini tidak signifikan lagi, dikarenakan dalam kondisi re-design pada absorber yang tidak sesuai setpoint ini, fenomena *backpressure* sudah dapat teratasi dengan baik dengan kondisi re-design sehingga, tidak menimbulkan *backpressure* yang berlebih dalam range waktu operasi 2 jam, dalam arti lain kondisi re-design ini sudah memenuhi setpoint yang ada pada pihak perusahaan.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis *backpressure* pada pipeline di sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) rumah pompa fase 3 DPPU Ngurah Rai menggunakan computational fluid dynamics dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Untuk kondisi operasi selama 2 jam pada sistem penyaluran bahan bakar pesawat (*avtur*) di rumah pompa fase 3 ini, pada semua skenario simulasi dengan parameter *pressure* dan *volume* timbul fenomena *backpressure* yang signifikan dengan nilai yang berbeda-beda pada setiap absorber.
- b. Untuk mengatasi permasalahan diatas maka, dilakukan re-design pada absorber yang mengalami *backpressure* yang signifikan dengan merubah dimensi absorber menjadi 225 mm untuk ukuran diameter dan 4500 mm untuk ukuran tinggi.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Sebaiknya untuk spesifikasi *pressure safety valve* (PSV) ditingkatkan disesuaikan dengan nilai *pressure* minimal dan *pressure* maksimal yang didapat dari hasil simulasi pada penelitian ini.
- b. Sebaiknya untuk spesifikasi absorber yang mengalami *backpressure* yang signifikan besar dilakukan perubahan ukuran dimensi menjadi 225 mm untuk diameter dan 4500 mm untuk tinggi sehingga, fenomena *backpressure* yang timbul dapat dikendalikan dengan baik.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] As, J. U. N. U. (n.d.). Mechanical Data Sheet for Surge Absorber.
- [2] As, O. C. U. (n.d.). Surge Analysis and Report.
- [3] Darmawan, R., Kelautan, T., & Kelautan, F. T. (2012). Analisa tegangan sistem perpipaan pada jalur penerimaan dan penyaluran *avtur* di depot pengisian bahan bakar pesawat udara (dppu) ngurah rai, 1(1), 1–5.
- [4] Energy, E. (2016). Pompa Sentrifugal. Retrieved from [www.ezkhelenergy.blogspot.co.id](http://www.ezkhelenergy.blogspot.co.id)
- [5] Fic, T. I. (n.d.). Kata kunci : Control Valve, Logic Solver, Truth Table I. PENDAHULUAN DPPU Ngurah Rai mempunyai sebuah, 1–9.
- [6] Nugrahani, A., & Adi, F. (2012). Perancangan Safety Instrumented System pada Sistem Pengisian Bahan Bakar Pesawat di, 1(1), 1–6.
- [7] Pertamina, D., & Ngurah, B. (2013). Perancangan Sistem Surge Absorber Untuk Mencegah Terjadinya Water Hammer pada Pipeline Sistem Pendistribusian *Avtur* di, 2(1).
- [8] Uilt, S. E. P. (n.d.). Piping Flexibility Analysis Report.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Kota Tulungagung, pada tanggal 07 Juli 1995. Penulis menempuh pendidikan di SDN Kepatihan I lulus tahun 2008, SMPN 1 Tulungagung lulus tahun 2011 dan SMAN 1 Kedungwaru lulus tahun 2014. Pendidikan Sarjana ditempuh di Jurusan Teknik Fisika ITS melalui jalur SBMPTN tahun 2014. Selama aktif sebagai mahasiswa penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan

Swayanaka Surabaya selama periode 2015-2016 dalam Departemen PSDM. Selain aktif dalam berorganisasi, penulis juga aktif dalam kegiatan akademik sebagai mentor dalam pekan kreativitas mahasiswa selama periode 2015-2016. Pengalaman internship program selama 1 bulan di PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang dengan project Analisis Piping and Instrumentation Diagram pada plan Heat Recovery Steam Generator Blok 2.2 Tambak Lorok Semarang. Bidang minat penulis adalah Computational Fluid Dynamics, Energi Terbarukan, Ekonomi Energi, dan Risk Management. Dengan adanya buku ini penulis berharap agar penelitian ini dapat bermanfaat untuk penelitian selanjutnya dan berdampak positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia. Penulis dapat dihubungkan melalui alamat email [pachmadfakhrur@gmail.com](mailto:pachmadfakhrur@gmail.com).