

**OPTIMASI JARINGAN PIPA DISTRIBUSI GEOTHERMAL  
PADA LAPANGAN POWER PLANT X  
DENGAN SIMULATOR PIPESIM**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*

Oleh

**ADRIAN YOLDI FAJRI**

**143210015**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2021**

## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Peneliti menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

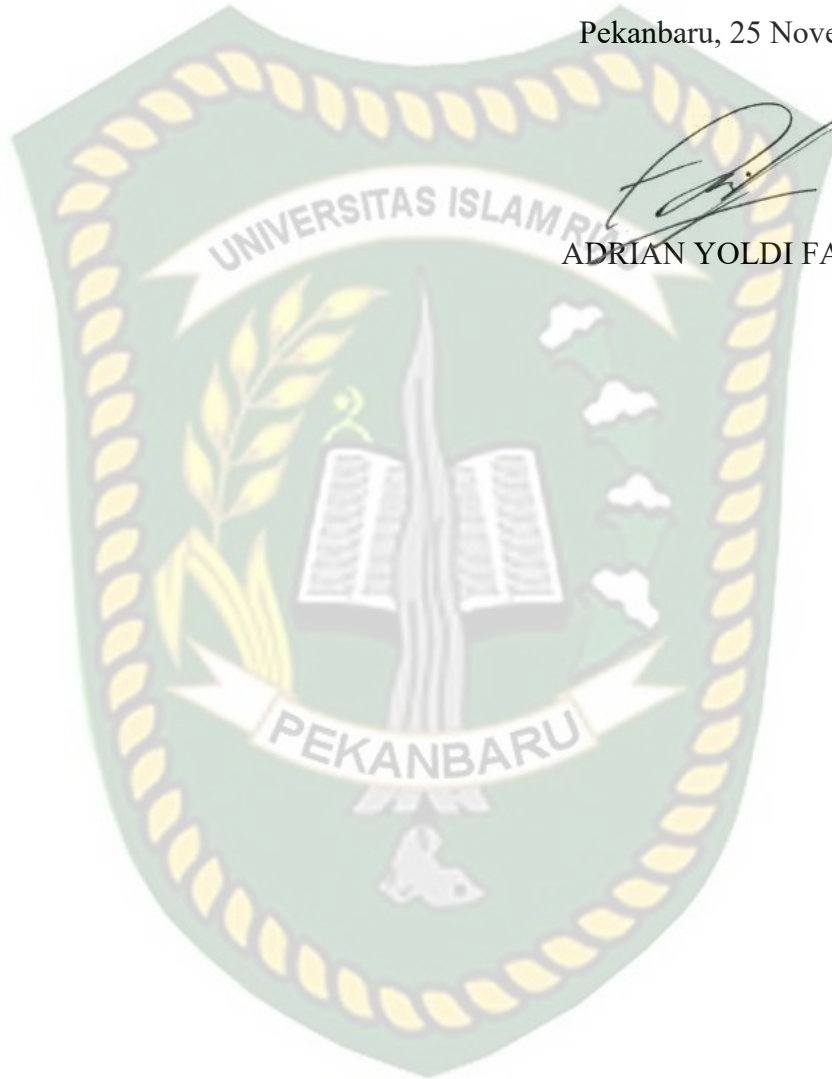
1. Ibu Ira Herawati, S.T., M.T. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, dan penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan .
2. Ibu Richa Melysa, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, nasihat, dan penyemangat selama menyusun tugas akhir ini sampai dengan selesai.
3. PT. Marubeni Indonesia yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data dan bimbingan untuk tugas akhir saya.
4. Azri Hasdi, ST. selaku pembimbing lapangan, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Ketua dan Sekretaris Prodi serta dosen-dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan dukungan yang telah diberikan.
6. Kedua orang tua Zainul Adri (Ayah) dan Yuli Darni (Ibu) serta keluarga besar yang memberikan dukungan penuh baik material maupun moral selama perkuliahan.
7. Teman–teman Teknik Perminyakan angkatan 2014 yang telah memberikan semangat.
8. Teman-teman kampung halaman yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak memberi support dalam mengerjakan Tugas Akhir.

Teriring doa saya, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 25 November 2021



ADRIAN YOLDI FAJRI



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
DAFTAR SINGKATAN.....	xi
DAFTAR SIMBOL .....	xii
ABSTRAK .....	xiii
<i>ABSTRACT</i> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Geothermal .....	4
2.2 Sistem Perpipaan .....	5
2.3 Macam-Macam Aliran Fluida Dalam Pipa.....	7
2.4 Kehilangan Tekanan Fluida dan Tekanan Balik Dalam Pipa.....	9
2.5 Persamaan Beggs Brill .....	11
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	13
3.2 Flow Chart .....	14
3.3 Tinjauan Lapangan .....	15
3.4 Jenis dan Kandungan Fluida.....	16
3.5 Tempat Pelaksanaan Penelitian .....	17
3.6 Jadwal Penelitian .....	17

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
4.1 Analisa Penelitian.....	18
4.2 Model Awal ( <i>Existing</i> ) Jaringan Pipa Distribusi.....	19
4.2.1 Skenario 1.....	22
4.2.2 Skenario 2.....	23
4.2.3 Skenario 3.....	24
4.2.4 Skenario 4.....	25
4.3 Perbandingan Hasil Base Case, Skenario 1, 2, 3 dan 4.....	26
4.4 Perubahan tekanan pada tiap segmen pipa kondisi <i>base case</i> dan skenario 1,2,3, dan 4.....	28
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>30</b>
5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran.....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>32</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>35</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Projected world energy consumption by end-use sector and fuel</i> .....	5
Gambar 2.2 Pola aliran pipa horizontal panas bumi .....	8
Gambar 3.1 Contoh model pipa distribusi menggunakan simulator pipesim .....	13
Gambar 3.2 Lapangan Lumut Balai .....	15
Gambar 4.1 Model Jaringan Pipa Distribusi Menggunakan Simulator PIPESIM 2017.....	20
Gambar 4.2 Grafik Tekanan vs Jarak Pipa Kondisi <i>Base Case</i> .....	21
Gambar 4.3 Grafik Tekanan vs Jarak Pipa Skenario 1 .....	23
Gambar 4.4 Grafik Tekanan vs Jarak Pipa Skenario 2 .....	24
Gambar 4.5 Grafik Tekanan vs Jarak Pipa Skenario 3 .....	25
Gambar 4.6 Grafik Tekanan vs Jarak Pipa Skenario 4 .....	26
Gambar 4.7 Hasil Perbandingan <i>Base case</i> vs Skenario 1,2,3 dan 4 .....	27

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kandungan fluida pada lapangan Lumut Balai.....	16
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian.....	17
Tabel 4.1 Data Lapangan Jaringan Pipa Distribusi Tiap Klaster.....	21
Tabel 4.2 Hasil Penurunan Tiap Kondisi.....	28



## DAFTAR LAMPIRAN

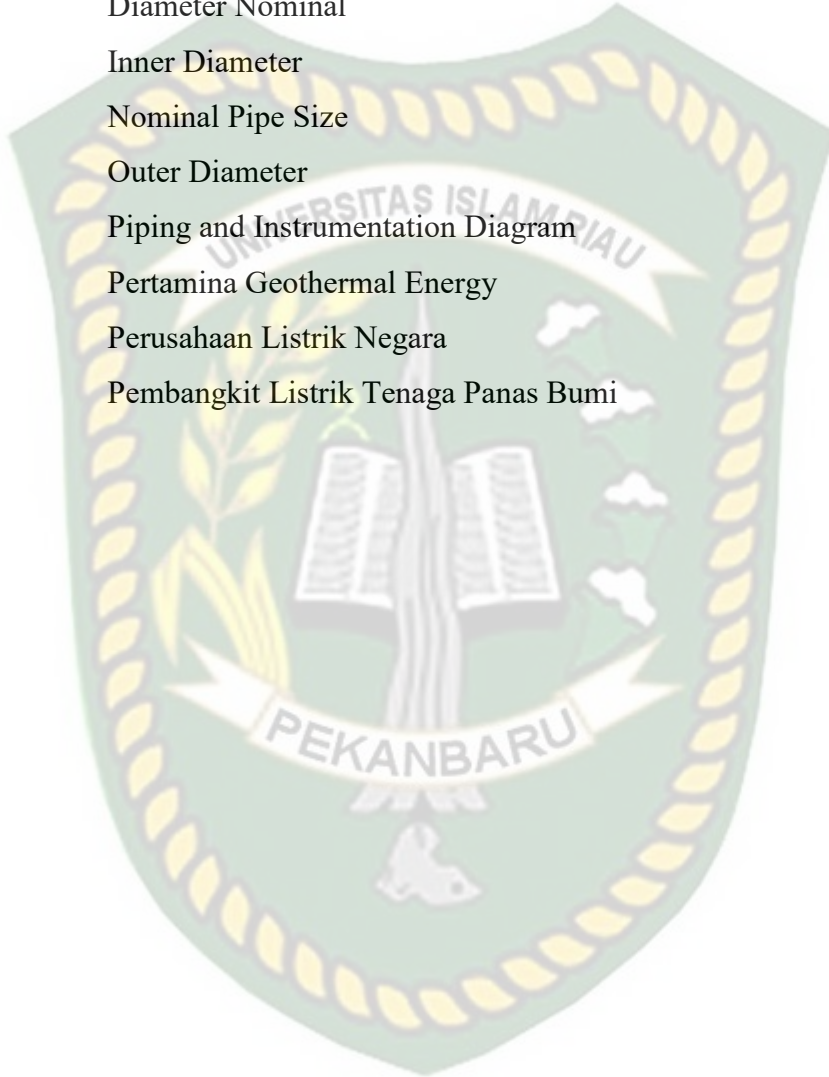
LAMPIRAN I Hasil Analisa Penurunan Tekanan Simulator Pipesim 2017



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR SINGKATAN

API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineering
ASTM	American Standard Testing and Material
DN	Diameter Nominal
ID	Inner Diameter
NPS	Nominal Pipe Size
OD	Outer Diameter
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
PGE	Pertamina Geothermal Energy
PLN	Perusahaan Listrik Negara
PLTP	Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi



## DAFTAR SIMBOL

$d$	Diameter pipa
$Q$	Laju alir
$q$	Kehilangan panas
$V$	Kecepatan fluida
$P$	Massa jenis
$Re_c$	Bilangan <i>Reynold</i>
$\Delta P$	Kehilangan tekanan dalam pipa
$f$	Faktor gesekan Moody
$\rho$	Densitas uap
$\rho_g$	Densitas gas lbm/ft <sup>3</sup>
$g_c$	Gravitational conversion factor
$g$	Acceleration of gravity
$H$	Vertical elevation
$V_{sg}$	Superficial gas velocity
$V_m$	Mixture velocity
$F$	Fanning friction factor
$G$	Relating to the gas phase

# OPTIMASI JARINGAN PIPA DISTRIBUSI GEOTHERMAL PADA LAPANGAN POWER PLANT X DENGAN SIMULATOR PIPESIM

ADRIAN YOLDI FAJRI

143210015

## ABSTRAK

Lapangan Geothermal Lumut Balai merupakan salah satu lapangan geothermal yang terletak di Kelurahan Penindaian, Kecamatan Semende Darat Laut, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Produksi geothermal pada lapangan ini akan dialirkan ke pembangkit listrik tenaga panas bumi yang mana diprediksi dapat menghasilkan daya listrik melalui generator sebesar 55 MW dan akan dijual ke perusahaan listrik negara (PLN) serta didistribusikan ke konsumen melalui jaringan pipa distribusi. Penelitian ini melakukan optimasi dan evaluasi pada jaringan pipa distribusi pada lapangan ini menggunakan simulator Pipesim dimana simulator ini mampu mengintegrasikan jaringan pipa distribusi sehingga dapat mengidentifikasi kemungkinan adanya permasalahan secara lebih terintegrasi. Dengan demikian akan dapat dikembangkan berbagai skenario dalam hal ini 4 macam skenario penggantian ukuran diameter pipa agar memperoleh hasil yang optimal. Berdasarkan hasil penelitian, optimasi dengan 4 macam skenario penggantian ukuran diameter pipa berpengaruh terhadap penurunan *pressure drop* di sepanjang pipa distribusi. Pada skenario 1 terjadi penurunan tekanan sebesar 1052.33 psia, skenario 2 sebesar 1054.6 psia, skenario 3 sebesar 1035.1 psia dan skenario 4 sebesar 976.2 psia. Dari diversifikasi skenario tersebut, skenario yang terbaik bisa dijadikan pertimbangan perusahaan untuk selanjutnya diimplementasikan di lapangan.

**Kata kunci :** Geothermal, Pipa Distribusi, Pipesim, Optimasi

# OPTIMIZATION OF GEOTHERMAL DISTRIBUTION PIPELINES IN POWER PLANT X FIELD WITH PIPESIM SIMULATOR

**ADRIAN YOLDI FAJRI**  
**143210015**

## **ABSTRACT**

*Lumut Balai Geothermal Field is one of the geothermal fields located in Penindaian Village, Semende Darat Laut District, Muara Enim Regency, South Sumatra Province. Geothermal production in this field will produce a geothermal power plant which is predicted to generate electricity through a 55 MW generator and sold to state companies (PLN) and distributed to consumers through distribution pipelines. This study optimizes and evaluates the distribution pipeline network in this field using the Pipesim simulator where this simulator is able to integrate the distribution pipeline network so that it can identify possible problems in a more integrated manner. Thus, various scenarios will be developed, in this case 4 different scenarios for changing pipe diameter sizes in order to obtain optimal results. Based on the results of the study, optimization with 4 different scenarios of changing the size of the pipe diameter has an effect on decreasing the pressure drop along the distribution pipe. In scenario 1 there is a pressure drop of 1052.33 psia, scenario 2 of 1054.6 psia, scenario 3 of 1035.1 psia and scenario 4 of 976.2 psia. From the diversification of these scenarios, the best scenario can be taken into consideration by the company for further implementation in the field.*

**Keywords:** Geothermal, Distribution Pipeline, Pipesim, Optimization

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut (F. Lumalessil, 2019) Indonesia merupakan negara yang terletak pada tiga pertemuan lempeng aktif dunia, sehingga Indonesia memiliki kekayaan akan sumber daya alam baik energi maupun geologi. Salah satunya adalah lapangan energi panas bumi Lumut Balai. Energi panas bumi merupakan salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dimana energi ini berasal dari panas dalam bumi. Indonesia adalah salah satu negara dengan pemilik cadangan geothermal terbesar di dunia. Menurut data dari Badan Geologi, potensi panas bumi di Indonesia sebesar 23.9 Giga Watt pada 2019. Berdasarkan data Direktorat Panas Bumi, potensi cadangan ini baru dimanfaatkan sebesar 8.9% atau sebesar 2130.6 MW. Hal ini mengindikasikan masih banyaknya potensi ini belum dimanfaatkan.

Indonesia adalah salah satu dari negara berkembang yang menghadapi adanya peningkatan listrik sebesar 10% setiap tahunnya. Negara ini masih membutuhkan tambahan kapasitas untuk menghasilkan listrik. Menurut data dari Indonesia investments (2015) rasio kelistrikan Indonesia yaitu sebesar 80.38% pada akhir 2013 dimana hal ini mengimplikasikan bahwa masih ada sekitar 50 juta penduduk Indonesia yang tidak memiliki akses listrik. Oleh karena itu, Energi Geothermal merupakan salah satu opsi untuk menghadapi tantangan tersebut.

Geothermal mengalir dari reservoir menuju sumur dan dialirkan menuju daratan melalui pipa yang diinstalasi di permukaan. Menurut (Soegiono, 2007) *pipeline engineering* atau teknik perpipaan merupakan suatu rekayasa teknik tentang sebuah struktur pipa yang sering digunakan sebagai sistem pendistribusian minyak dan gas bumi (Sumatera, 1981). *Pipeline* digunakan dalam pengembangan sumber daya hidrokarbon maupun geothermal termasuk pipa distribusi untuk ekspor, pipa penyalur untuk mengangkut produksi dari suatu *platform* ke *gathering system*.

Namun seiring dengan berjalannya waktu, tidak dapat dipungkiri akan timbulnya permasalahan pada jaringan pipa transmisi maupun pipa distribusi yang

mengalirkan geothermal menuju pelanggan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti terjadinya *back pressure*, *pressure drop* maupun timbulnya hidrat di sepanjang pipa serta fasilitas permukaan yang semakin tua. Menurut (Nugroho, 2019) dalam mengoptimalkan kualitas uap (*steam quality*) dari kepala sumur hingga input turbin maka perlu adanya analisis dimensi dari pipa yang mengalirkan uap. Pipa dua fasa adalah hal yang sangat penting karena dalam aliran dua fasa memiliki penurunan tekanan yang cukup besar. Aliran fluktuasi di beberapa jaringan pipa (*slug flow*, *intermittent* dsb) menyebabkan terjadinya *back pressure* di sepanjang pipa sehingga sumur-sumur dengan tekanan rendah dapat mati. Menurut (Rachman & Permatasari, 2018) kepastian aliran fluida merupakan analisis teknik secara menyeluruh untuk menjamin pengangkutan fluida hidrokarbon tersebut berjalan secara aman dan ekonomis di setiap lingkungan yang dilalui. Salah satu kunci kesuksesan industri perminyakan adalah tidak adanya hambatan pada aliran fluida dari minyak dan gas. Oleh karena itu, suatu keharusan bagi insinyur perminyakan untuk dapat mendesain dan mengontrol jalur perpipaan yang menjamin aliran fluida dari reservoir menuju hilir dengan aman dan lebih ekonomis.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Frenly Ferdy et.al pada tahun 2019 melakukan optimasi jaringan pipa distribusi menggunakan *software* POD 1.0 (*Python Optimization Design*). Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa pemilihan jenis pipa diperlukan dalam hal ini berbahan HDPE. Serta menentukan ketebalan insulator dibutuhkan untuk menekan laju *heat losses* pada lapangan tersebut. Oleh karena itu, peneliti ingin melakukan optimasi desain jaringan pipa distribusi menggunakan simulator pipesim untuk menemukan skenario terbaik pada jaringan pipa distribusi secara terintegrasi. Dimana menurut (Nugroho, 2019) Aplikasi Pipesim dapat mengetahui penurunan tekanan, temperatur dan kualitas uap fluida dalam pipa. Dan pembuatan model jaringan pipa yang menggunakan simulator Pipesim disesuaikan dengan peta jaringan *pipeline* yang terdapat di lapangan sehingga diperoleh model yang serupa dengan kondisi di lapangan (Rita, Ariyon, & Ramdhani). Oleh karena itu diperlukan upaya optimasi jaringan pipa distribusi dalam hal memitigasi permasalahan yang akan timbul di

sepanjang jaringan pipa distribusi sehingga produksi maupun aliran fluida yang mengalir pada jaringan pipa bisa berjalan dengan lancar dan berkelanjutan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendesain jaringan pipa distribusi geothermal menuju pelanggan dengan menggunakan simulator Pipesim untuk mengurangi tekanan yang turun pada setiap jaringan pipa.
2. Mengoptimasi jaringan pipa distribusi dengan mempertimbangkan *pressure drop*, mengimprovisasi serta efektifitas desain jaringan di sepanjang pipa untuk memperoleh peningkatan produksi.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan informasi bagi industri hulu dan hilir migas terkhusus geothermal maupun mahasiswa Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau dalam hal optimasi distribusi energi geothermal dengan mengevaluasi jaringan pipa distribusi geothermal untuk selanjutnya dilakukan perbaikan maupun improvisasi pada jaringan *pipeline* dimana memitigasi permasalahan yang terjadi di sepanjang pipa distribusi sehingga mobilisasi fluida bisa berjalan dengan lancar dan monetisasi bisa berkelanjutan.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini, cakupan masalah yang akan diteliti memiliki batasan diantaranya:

1. Lingkup tinjauan penelitian dibatasi pada jaringan pipa distribusi saja tanpa mempertimbangkan jaringan pipa sumur maupun pipa transmisi.
2. Dalam penelitian ini hal yang menjadi fokus utama adalah mendesain model jaringan pipa distribusi, sehingga dalam melakukan *history matching* digunakan satu tinjauan data tekanan, temperature maupun jaringan pipa.
3. Penelitian ini tidak mempertimbangkan aspek keekonomian.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Alhamdulillah kita telah diberi kesempatan oleh Allah SWT. untuk menjalani kehidupan di bumi ini dengan segala rahmat dan nikmat rezeki- Nya yang telah tersedia, yang dimana telah diciptakannya langit dan bumi sebagai mana Allah SWT telah berfirman dalam QS. Shaad ayat:27 yang artinya:”Dan kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah, yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir maka celakalah orang-orang kafir itu,karena mereka akan masuk neraka”.

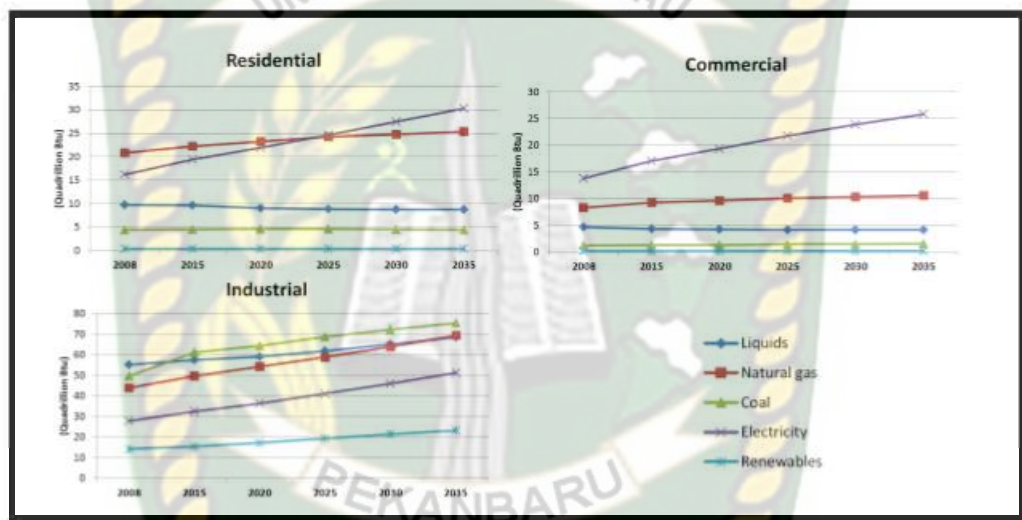
Dimana pada QS AL-Mulk ayat 15 menyatakan bahwa “Dia-lah yang menjadikan bumi untuk kalian yang mudah dijelajahi,maka jelajahilah di segala penjurunya dan makanlah sebagian dari rezequina-lah kamu (kembali setelah) dibangkitkan” dari beberapa ayat tersebut mengisyaratkan bahwasanya allah telah menciptakan langit dan bumi untuk kita manusia hidup dan pada ayat berikutnya yang dimana mengatakan bahwasanya Allah SWT telah menjadikan bumi ini mudah untuk dijelajahi agar manusia mampu untuk bekerja dan berusaha mendapatkan rezeqi darinya.

#### 2.1 Geothermal

Geothermal merupakan salah satu fluida yang bertemperatur sedang hingga tinggi ( $150^{\circ}\text{C} - 225^{\circ}\text{C}$ ) yang mana telah lama diimplementasikan beberapa negara seperti Belanda, Jepang serta negara maju lainnya (F. Lumalessil, 2019). Indonesia merupakan negara yang terletak pada tiga pertemuan lempeng aktif dunia. Oleh karena itu, Indonesia memiliki banyak potensi sumber daya alam salah satunya adalah sumber panas bumi (*Geothermal*).

Geothermal merupakan salah satu sumber energi yang dibutuhkan dunia saat ini maupun masa depan untuk menjalankan aktivitas terkhusus untuk industri listrik. Geothermal akan terus memainkan peranan penting dalam memenuhi permintaan energi di dunia. Menurut (Fridleifsson, 2001) semua skenario yang telah dilakukan, era penggunaan energi fosil akan berakhir, sumber daya energi yang dapat diperbaharui diharapkan dapat menggantikan sekitar 30-80% dari sumber daya energi yang ada.

Konsumsi panas bumi diperkirakan akan terus meningkat sekarang dan di masa yang akan datang karena memiliki keunggulan seperti dampak lingkungan yang rendah, kemudahan penggunaan serta peningkatan jumlah pembangkit listrik berbahan gas. Oleh karena itu, Geothermal akan menjadi salah satu bahan bakar yang menggerakkan perekonomian serta sebagai pengganti untuk sumber daya energi yang lebih mahal, kurang ramah lingkungan dan kurang efisien yang telah meningkat secara signifikan. (Cabalu, 2010). Menurut *Energy Information and Administration* (EIA) USA, konsumsi panas bumi di seluruh dunia antara 2010 sampai 2035 akan meningkat.



**Gambar 2.1** *Projected world energy consumption by end-use sector and fuel*

Gambar 1 menunjukkan proyeksi konsumsi energi baru terbarukan (EBT) dari berbagai sektor sampai tahun 2035. Permintaan panas bumi (Geothermal) akan terus mengalami peningkatan hingga beberapa tahun kedepan untuk memenuhi kebutuhan industri bahkan rumah tangga.

## 2.2 Sistem Perpipaan

Transportasi untuk distribusi gas dari sumur menuju stasiun pengumpul akan dialirkan melalui pipa. menurut (Wibowo, 2015) Pipa merupakan teknologi dalam mengalirkan fluida seperti minyak, gas atau air dalam jumlah sangat besar dan jarak yang jauh melalui laut dan daerah tertentu. *Pipeline* merupakan sarana transportasi diam yang berfungsi untuk mendistribusikan fluida baik dalam bentuk liquid maupun gas termasuk dalam hal ini panas bumi (Geothermal)

Menurut (Marfo, Appau, & Kpami, 2018) Sistem transportasi fluida dikategorikan dua jenis yaitu sistem transmisi dan sistem distribusi. Menurut (Nava, Rojas, Martinez, Trujilo, Rigual, & Gonzales, 2012) Saluran pipa adalah garis hidup dari industri minyak dan gas global, menyediakan sarana ekonomi, dapat diandalkan untuk mengangkut energi panas bumi dan minyak maupun gas dari produksi hulu ke kilang hilir, pembangkit listrik dan pasar. Umumnya didefinisikan sebagai garis panjang dari segmen pipa yang terhubung dengan pompa, katup dan peralatan lain yang diperlukan untuk mengoperasikan sistem. Saluran pipa telah digunakan untuk transportasi cairan dan gas selama ribuan tahun, serta saluran pipa sangat penting untuk kesejahteraan ekonomi dan keamanan sebagian besar Negara.

Seiring dengan berjalannya waktu, dalam sistem jaringan pipa distribusi panas bumi yang mobilisasi fluida dalam pipa tekanan tinggi akan terjadinya permasalahan di sepanjang pipa. hal ini disebabkan oleh beberapa faktor internal maupun eksternal yang dapat menurunkan kinerja pipa. Beberapa permasalahan yang diprediksi terjadi di sepanjang pipa diantaranya:

1. Tingginya *pressure drop* pada beberapa jaringan pipa distribusi.
2. Terjadinya *back pressure* di sepanjang jaringan pipa distribusi dimana dapat menyebabkan *off* nya sumur-sumur yang bertekanan rendah.
3. Fasilitas produksi yang telah berusia cukup tua yang menyebabkan terjadinya perubahan kemampuan dan kualitas fasilitas itu sendiri dapat menyebabkan sistem jaringan pipa distribusi tidak berjalan secara efektif lagi untuk mengalirkan fluida.

Penelitian oleh Frenly Ferdy et.al pada tahun 2019 di lapangan Ciselok dengan melakukan optimalisasi desain pipa penyalur energi panas bumi menggunakan *software* POD 1.0 (*Python Optimization Design*) dalam hal mengkaji dan mewujudkan infrastruktur berkelanjutan pada lapangan tersebut. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa pemilihan jenis pipa diperlukan dalam hal ini berbahan HDPE. Serta menentukan ketebalan insulator dibutuhkan untuk menekan laju *heat losses* pada lapangan tersebut.

Penelitian oleh Ady Setya Nugroho dari PT. PLN pada tahun 2019 di lapangan panas bumi Dieng dengan melakukan perencanaan pipa dua fasa pada

jaringan pipa produksi panas bumi Dieng. Penulis melakukan desain dengan estimasi diameter pipa, kecepatan aliran serta penurunan tekanan pada *well head* hingga separator. Dengan melakukan estimasi ini, perencanaan jaringan pipa dapat diperoleh dengan baik untuk diimplementasikan di lapangan Dieng.

Penelitian oleh Eko Widi dan Sayogi pada tahun 2001, membahas mengenai optimasi pipa untuk fluida geothermal pada sumur panas bumi pada lapangan SBY-5 Sibayak menggunakan simulator Pipesim maupun WellSim. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa penentuan ukuran casing, diameter pipa maupun optimasi dengan skenario penambahan ukuran diameter pipa diperlukan untuk memperoleh hasil yang optimum.

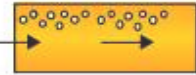





Penelitian oleh Bisht dan Jahan, 2014 membahas mengenai perhitungan *stress analysis* pada jaringan pipa dengan menggunakan simulator CAESAR II. *Stress analysis* adalah pengujian ketahanan pipa untuk menerima beban yang berasal dari fluida dalam keadaan terus menerus sehingga mempengaruhi kemampuan pipa. Oleh karena itu diperlukan mendesain jaringan pipa maupun menentukan material pipa yang cocok untuk diimplementasikan pada lapangan panas bumi tersebut.

### 2.3 Macam-Macam Aliran Fluida Dalam Pipa

Menurut (Rachman & Permatasari, 2018) Kepastian aliran fluida merupakan analisa teknik secara menyeluruh untuk menjamin pengangkutan fluida hidrokarbon tersebut berjalan secara aman dan ekonomis di setiap lingkungan yang dilalui. Menurut (Ansyori, 2012) Pola aliran merupakan suatu parameter korelasi dan tidak menyatakan tentang pola aliran sebenarnya kecuali apabila pipa pada kedudukan horizontal. Aliran fluida yang tidak stabil dapat menyebabkan timbulnya permasalahan pada pipa, salah satunya terjadinya *back pressure* di sepanjang pipa. menurut (Baitlessov et al., 2016) ada 6 jenis aliran 2 fasa pada aliran horizontal, diantaranya:

1. *Bubble flow* (aliran gelembung tersebar)
2. *Stratified flow* (aliran berlapis)
3. *Wavy flow* (aliran berlapis-bergelombang)
4. *Plug flow*
5. *Slug flow* (aliran siput)

6. *Annular-dispersed flow (Annulus – aliran tersebar)*

No	Gambar	keterangan
1		Bubble flow: gelembung-gelembung uap terbentuk dan mengalir di bagian atas pipa dengan kecepatan kira-kira sama dengan kecepatan fasa cair
2		Plug flow : secara bergantian plug cairan dan gelembung-gelembung uap bergerak di bagian atas pipa
3		Stratified flow : fasa cair mengalir bagian bawah pipa sedangkan fasa uap mengalir di atasnya. Antarmuka uap-cair
4		Wavy flow : sama seperti stratified fasa cair mengalir di bagian bawah sedangkan fasa uap mengalir di atasnya, tetapi karena fasa uap bergerak lebih maka antarmuka fasa uap-cair menjadi bergelombang atau beromba
5		Slug flow: fasa uap mengalir dengan kecepatan lebih tinggi mengubah aliran menjadi slug flow
6		Annular flow : Air berupa lapisan mengalir di dinding pipa dan uap di bagian tengah pipa dengan Kecepatan tinggi.

**Gambar 2.2** Pola aliran pipa horizontal panas bumi

Batas kecepatan aliran fluida 2 fasa pada jaringan pipa diperlukan. Selain itu batas kecepatan minimum aliran ini juga diperlukan untuk mengetahui perpindahan panas dalam mencapai proses adiabatik, sedangkan batas kecepatan maksimum dilakukan untuk mengetahui batas tidak terjadinya erosi pada dinding jaringan pipa

Aliran *slug* dapat menyebabkan terjadinya *back pressure* di sepanjang pipa. oleh karena itu, dibutuhkan rencana dan juga skenario untuk mengantisipasi terjadinya *back pressure* ini dengan melakukan analisis perilaku aliran di sepanjang pipa.

Menurut (Nava, Rojas, Martinez, Trujilo, Rigual , & Gonzales, 2012) Model aliran *steady state* dapat dimodelkan dengan menggunakan perangkat lunak seperti Pipesim dan Pipephase. Studi jaminan aliran *steady state* memiliki tujuan sebagai berikut:

- a. Menentukan ukuran aliran berdasarkan maksimum dan minimum laju aliran yang diizinkan dan penurunan tekanan.
- b. Mengurangi risiko pembentukan hidrat selama operasi. Ini membutuhkan evaluasi distribusi temperatur dan tekanan di sepanjang aliran dalam kondisi *steady state*.
- c. Memilih insulasi kombinasi yang mencegah suhu pada dasar riser sistem bawah laut turun dibawah nilai minimum untuk pendinginan pada seluruh rentang produksi. Suhu dasar riser ditentukan sebagai fungsi aliran dan sistem kombinasi insulasi *wellbore / flowline*.
- d. Menentukan laju aliran maksimum pada sistem untuk memastikan suhu tidak melebihi batas atas yang ditetapkan oleh proses pemisahan dan dehidrasi atau desain peralatan. (Bai,2005)

#### 2.4 Kehilangan Tekanan Fluida dan Tekanan Balik Dalam Pipa

Fluida adalah fasa cair atau gas yang tidak mampu menahan tegangan geser sehingga berdeformasi. Fluida berdeformasi secara terus menerus sebagai akibat dari tegangan geser yang diterimanya tidak bergantung pada besar atau kecilnya gaya yang diberikan kepadanya (Thalib & Permatasari, 2017). *Pressure drop* merupakan istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan penurunan tekanan dari satu titik di dalam sistem (misalnya aliran di dalam pipa) ke titik lain yang mempunyai tekanan lebih rendah atau aliran air (Bruce R.Munson, 2007). *Pressure drop* juga hasil dari gaya friksi terhadap fluida yang mengalir pada pipa yang mana disebabkan oleh tahanan fluida untuk mengalir. *Pressure drop* didefinisikan sebagai perbedaan tekanan antara dua titik dari jaringan pembawa fluida. *Pressure drop* terjadi karena adanya friksi kekuatan yang disebabkan oleh resistensi terhadap aliran fluida saat fluida yang mengalir melalui suatu bidang. Faktor utama resistensi terhadap aliran fluida adalah kecepatan aliran melalui pipa dan viskositas fluida. Kecepatan aliran yang tinggi dan viskositas fluida tinggi akan menghasilkan penurunan tekanan yang besar pada pipa begitu juga sebaliknya, kecepatan aliran yang rendah dan viskositas rendah akan menyebabkan penurunan tekanan yang kecil atau tidak ada penurunan tekanan pada pipa. *pressure drop* sebanding dengan gesekan gaya geser (friksi) pada pipa.

Metode Begg-Brill bekerja untuk aliran horizontal maupun vertikal atau segala sesuatu diantaranya serta menurut (Ansyori, 2012) Beggs dan Brill mengembangkan metode perhitungan kehilangan tekanan antara fluida dua fasa dalam pipa berdasarkan pengukuran di laboratorium.

- a. Persamaan kontinuitas adalah persamaan yang menunjukkan perubahan kecepatan akibat dari perubahan besar penampang untuk setiap laju alir yang sama. Persamaan kontinuitas dapat dirumuskan sebagai berikut: (Cengel,2014)

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(3)$$

$$V = \frac{0.12 \times Q}{d^2} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

Q = Debit aliran (barrel/ hari)

D= Diameter pipa (inci)

V= Kecepatan Alir (kaki/ detik)

- b. Menurut (Thalib & Permatasari, 2017) Kehilangan tekanan dalam pipa adalah bentuk penurunan tekanan yang terjadi di sepanjang pipa , penurunan tekanan dalam pipa dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut: (Nayyar,2002)

$$\Delta P = \frac{0.0015 f \times Q \times S}{d^5} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

$\Delta P$ = Kehilangan tekanan dalam pipa (psi)

f= Faktor gesekan Moody

Q= Laju alir (barrel/ hari)

d= diameter pipa ( inci )

- c. Menurut (Thalib & Permatasari, 2017) Bilangan *Reynold* adalah bilangan yang menyatakan pola aliran yang terjadi didalam pipa. bilangan ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut: (Nayyar,2002)

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

Keterangan:

$R_e$  = Bilangan *Reynold*

$V$  = Kecepatan aliran ( kaki/ detik)

$P$  = massa jenis ( lb/kaki kubik )

$d$  = diameter pipa (inci)

*Pressure drop* (penurunan tekanan) pada aliran terjadi karena adanya gesekan atau kehilangan gesekan , perbedaan elevasi atau perubahan pada energi kinetic dan perubahan pada percepatan. *The Reynolds numbers* merupakan parameter dimensi yang berguna dalam meng-karakteristik tingkat turbulensi dalam aliran dan diperlukan untuk menentukan faktor gesekan *moody*. Menurut (Marfo, Appau, & Kpami, 2018) faktor gesekan *moody* merupakan fungsi dari *The Reynolds number* dan kekasaran pada internal pipa. faktor gesekan ini bergantung pada karakteristik aliran dalam pipa.

*Back Pressure* adalah tekanan yang timbul akibat hambatan yang dialami gas buang selama proses penyalurannya dan merupakan pantulan dari gelombang tekanan gas buang yang telah dikeluarkan dari silinder menuju sistem penyaluran gas buang kembali ke arah silinder.(Sitepu & Setiawan, 2011). *Back pressure* ini dapat terjadi baik pada *exhaust manifold*, pipa, maupun *muffler*, dengan kata lain *back pressure* dapat terjadi jika tekanan di dalam sistem gas buang lebih tinggi dari tekanan atmosfer (Maleev,1989) (Rachmat K.Bahrn,1990).

## 2.5 Persamaan Beggs Brill

Persamaan yang telah dijelaskan diatas dikembangkan untuk menentukan hubungan antara laju alir gas dan penurunan tekanan pada gas. Namun, seringkali saat operasi produksi berlangsung, fluida dan gas mengalir secara kolektif. Misalnya dengan adanya aliran gas yang memproduksi bersama dengan kondensat , air atau terjadinya kondensasi selama aliran. Dengan adanya fluida ini akan menyebabkan penurunan tekanan untuk aliran dua fasa. Permasalahan aliran dua fasa atau multifasa ini dapat diselesaikan dengan beberapa korelasi persamaan,

seperti Weymouth, Beggs and Brill, Panhandle A dan Panhandle B . Namun, penelitian ini hanya akan membahas metode Beggs and Brill.

Beggs and Brill mengembangkan korelasi perhitungan kehilangan tekanan tekanan aliran fluida dua fasa dalam pipa, berdasarkan hasil penelitian di laboratorium.

Persamaan kehilangan tekanan yang digunakan Beggs and Brill sebagai berikut:

$$\frac{-dp}{dZ} = \frac{\frac{g}{gc} \sin \theta [\rho_l H_l + \rho_g (1 - H_l)] + \frac{f_{tp} G_m V_m}{2gcD}}{1 - \frac{[\rho_l H_l + \rho_g (1 - H_l)] V_m V_{sg}}{gc}} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

- $\rho_g$  = densitas gas lbm/ft<sup>3</sup>
- $gc$  = Gravitational conversion factor , (32.174 lbm ft/ lbf s<sup>2</sup>)
- $g$  = acceleration of gravity (ft/s<sup>2</sup>)
- $H$  = vertical elevation , ft
- $V_{sg}$  = Superficial gas velocity , (ft/s)
- $V_m$  = Mixture velocity , (ft/s)
- $D$  = diameter of pipe (ft)
- $f$  = Fanning friction factor , (dimensionless)
- $G$  = Relating to the gas phase

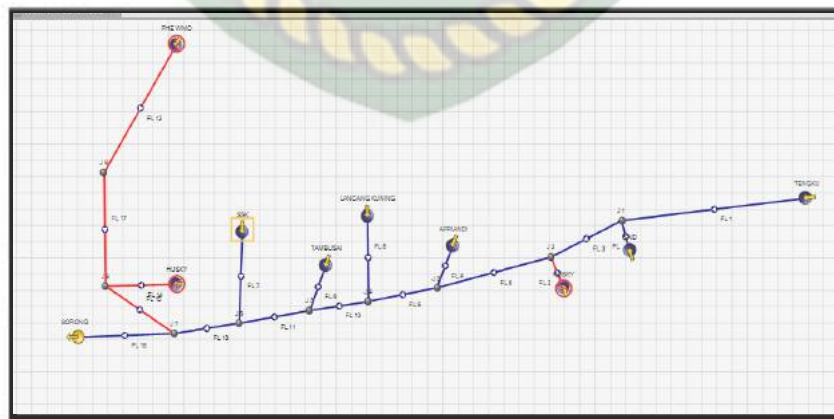
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, penulis melakukan penelitian dengan metode simulator dalam hal ini menggunakan *software* Pipesim. Sedangkan teknik pengumpulan data yang termasuk data primer seperti data yang didapat dari data perusahaan, hasil penelitian, buku referensi, jurnal, makalah yang sesuai dengan topik penelitian. Setelah hasil didapat, dilakukan analisis maupun optimasi data yang membawa kepada kesimpulan yang merupakan tujuan dari penelitian.

### 3.1 Jenis Penelitian

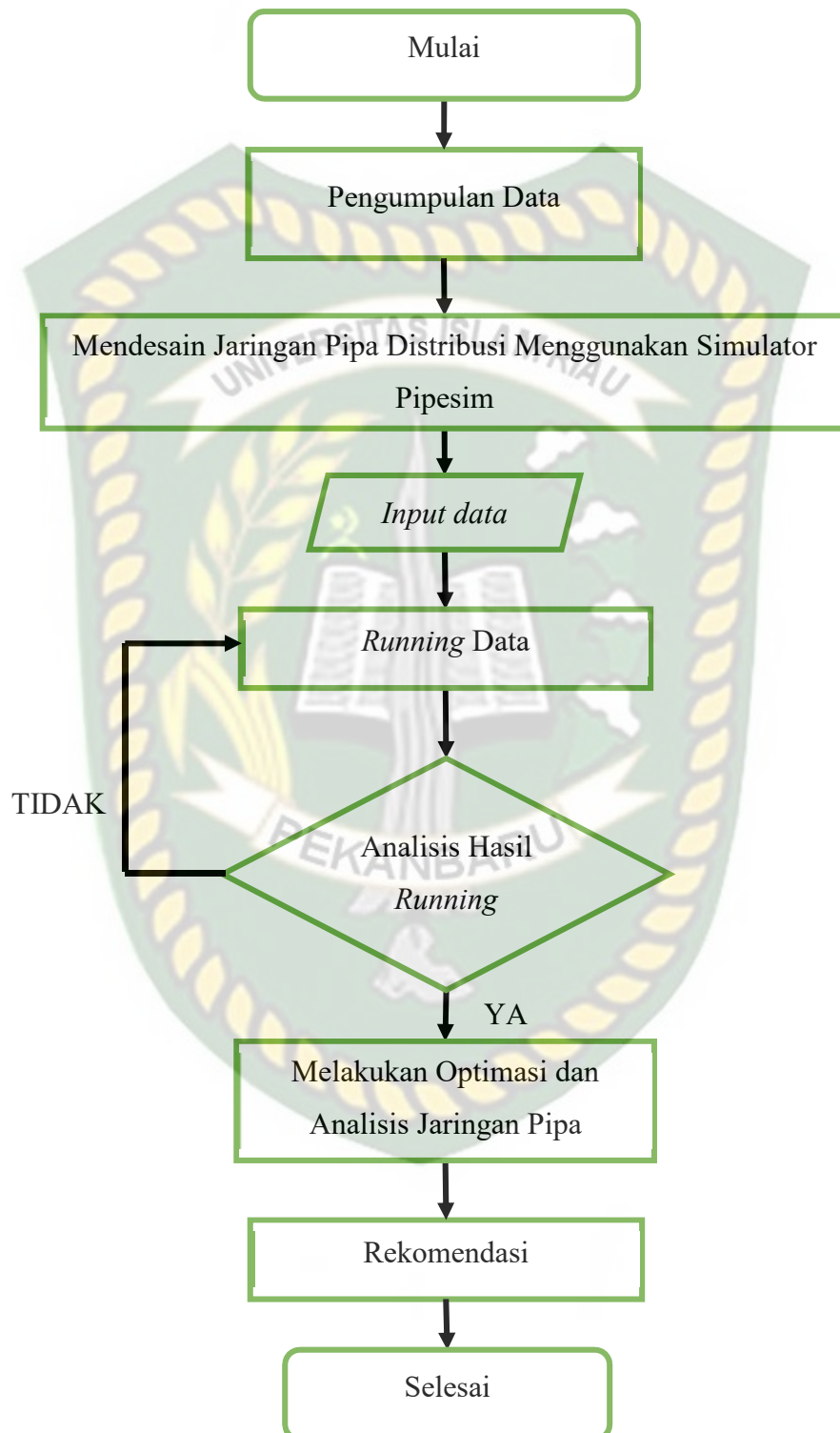
Pemodelan jaringan pipa distribusi panas bumi di lapangan X menggunakan *software* Pipesim. *Software* ini salah satu simulator untuk mendesain sistem produksi minyak dan gas dari dasar sumur hingga stasiun penerima (*receiver*). Berdasarkan batasan permasalahan penelitian ini, model jaringan pipa yang didesain hanya dari pipa bawah laut hingga stasiun penerima.

Data-data yang dibutuhkan dalam mendesain serta mengembangkan model diantaranya data laju produksi, properti fluida meliputi: laju alir, data tekanan, densitas (*Specific Gravity*), temperatur, dan data profil lapangan, properties panas bumi serta geometri *pipeline* meliputi panjang pipa, diameter pipa, dan spesifikasi pipa yang digunakan. Dengan mendapatkan data-data yang dibutuhkan, maka dapat mendesain model yang sesuai dengan lapangan dan fasilitas produksi serta geometri.



**Gambar 3.1** Contoh model pipa distribusi menggunakan simulator pipesim

## 3.2 Flow Chart

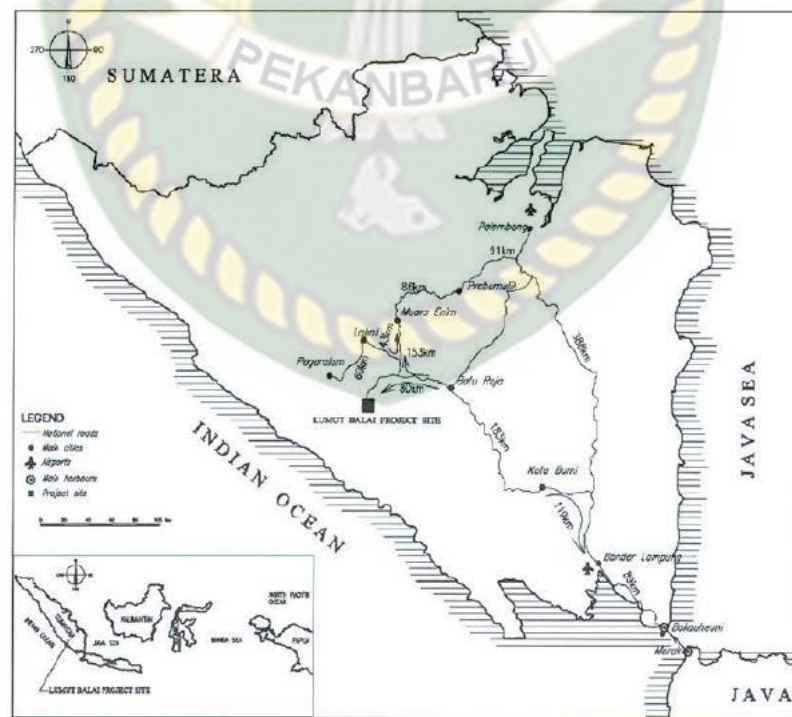


### 3.3 Tinjauan Lapangan

Secara geografis kabupaten Muara Enim terletak di posisi antara  $4^{\circ}$  -  $6^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $104^{\circ}$  -  $106^{\circ}$  Bujur Timur. Serta memiliki luas wilayah sekitar  $7.383,9 \text{ km}^2$  yang terletak ditengah – tengah wilayah Provinsi Sumatera Selatan, dengan batas – batas wilayah yaitu : sebelah Utara adalah Kota Palembang, sebelah Timur adalah Kabupaten Ogan Ilir, sebelah Selatan adalah Provinsi Bengkulu, dan sebelah Barat adalah Kabupaten Musi Rawas.

Lapangan Lumut Balai terletak di Kelurahan Penindaian, Kecamatan Semende Darat Laut, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan (sekitar 292 km dari kota Palembang). Lapangan panas bumi ini memiliki koordinat : UTM 342 km E dan 9532 km N – 9545 km N. Terletak disekitar gunung Balai, gunung Lumut, gunung Pagut. Ketinggian rata – rata lapangan panas bumi ini sekitar kurang lebih 1100 meter diatas permukaan laut (mdpl).

Berdasarkan data dari (PGE, 2014) pembangkit listrik tenaga panas bumi yang akan dibangun diprediksi dapat menghasilkan daya listrik melalui generator sebesar 55 MW yang akan dijual ke perusahaan listrik negara (PLN) dan didistribusikan ke konsumen.



Gambar 3.2 Lapangan Lumut Balai

Penelitian yang dilakukan (Hamdani & Pratama, 2020) membahas mengenai *reservoir* lapangan Lumut Balai yang mana mengklasifikasi sebagai *volcanic hydrothermal system* yaitu sistem reservoir yang mengandung uap, air maupun campuran antara uap dan air tergantung pada tekanan maupun temperaturnya. Air yang terdapat pada *reservoir* ini merupakan air yang berasal dari permukaan, lalu melewati rekahan-rekahan ke batuan *permeable* dan dipanaskan oleh sumber panas secara konduksi.

### 3.4 Jenis dan Kandungan Fluida

Kandungan fluida yang terdapat pada *steam* dan air di lapangan panas bumi Lumut Balai, dapat dilihat pada tabel berikut ini : (PGE, 2014)

**Tabel 3.1** Kandungan fluida pada lapangan Lumut Balai

		<i>Liquid Phase</i>	<i>Steam Condensate</i>
pH at 25°C		6.7	5.5
Li	mg/kg	22.8	0.39
Na	mg/kg	5854	42
K	mg/kg	1038	7.07
Ca	mg/kg	598	4.55
Mg	mg/kg	0.354	0.1
HCO <sub>3</sub>	mg/kg	9.52	9.23
SO <sub>4</sub>	mg/kg	32.1	5
Cl	mg/kg	11180	74.5
F	mg/kg	2.18	0.1
B	mg/kg	27.6	1.7
SiO <sub>2</sub>	mg/kg	642	5.05
As	mg/kg	14.6	0.095
Fe	mg/kg	0.055	0.028
NH <sub>3</sub>	mg/kg	0.33	2.87
H <sub>2</sub> S	mg/kg	0.045	13.2

### 3.5 Tempat Pelaksanaan Penelitian

Data yang diperoleh oleh penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini diperoleh dari Penelitian Tugas Akhir yang dilakukan di Laboratorium Simulasi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau.

### 3.6 Jadwal Penelitian

**Tabel 3.2** Jadwal Penelitian

No	Deskripsi Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Bulan)					
		Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■
2	Seminar Proposal	■	■	■	■	■	■
3	Pengumpulan Data	■	■	■	■	■	■
4	Pengembangan Data	■	■	■	■	■	■
5	Penyusunan Tugas Akhir	■	■	■	■	■	■
6	Sidang Tugas Akhir	■	■	■	■	■	■

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

#### 4.1 Analisa Penelitian

Jaringan pipa distribusi pada lapangan ini menggunakan berbagai diameter pipa dengan ukuran: 16,24, dan 41 inci. Jaringan pipa ini mendistribusikan panas bumi dari sumur panas menuju Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Dengan melihat dari kondisi fasilitas permukaan yang sudah tua, laju alir geothermal serta kualitas dari pipa itu sendiri, maka tidak dapat dipungkiri akan mengalami deklinasi (penurunan) kemampuan. Aktualnya pada proses pendistribusian suatu fluida dari suatu titik ke titik lain akan mengalami kerugian energi seperti kehilangan tekanan dan penurunan laju alir. Hal ini akan menyebabkan deklinasi kemampuan suatu jaringan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kemampuan jaringan pada lapangan maka dilakukan pengoptimasian jaringan pipa distribusi. Dalam hal ini dilakukan optimasi maupun analisis terhadap permasalahan yang terjadi di sepanjang jaringan pipa distribusi, agar mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *pressure drop* serta melakukan berbagai skenario dimana skenario yang terbaik akan diimplementasikan.

Pengembangan model atau skenario-skenario jaringan pipa distribusi digunakan dengan simulator Pipesim 2017 disesuaikan dengan layout jaringan pipa distribusi yang terdapat di lapangan. Dengan melengkapi serta menggunakan data-data yang diperlukan untuk simulasi, maka diperoleh model yang sesuai dengan geometri dan profil di lapangan. Model yang didapatkan dari pengembangan data tersebut berupa inisialisasi dan masih membutuhkan validasi terhadap data pressure yang digunakan di lapangan. Model yang telah sesuai dengan aktual di lapangan digunakan untuk mengembangkan berbagai skenario, sehingga selanjutnya akan dilakukan improvisasi yang mana akan diketahui kemampuan jaringan pipa tersebut.

#### Analisa Jaringan Pipa Distribusi Menggunakan Simulator Pipesim 2017

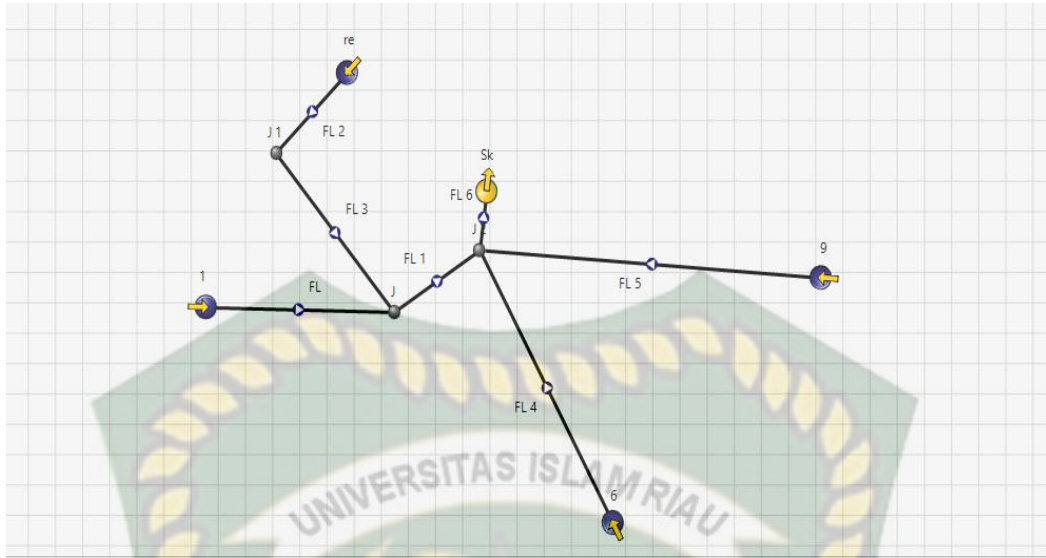
Desain jaringan pipa distribusi pada simulator Pipesim 2017 berdasarkan data lapangan Geothermal. Selanjutnya akan di input pada model jaringan pipa. Pembuatan desain jaringan pipa menggunakan data fluida, data perpipaan, data tekanan, data temperature, maupun produksi pada lapangan.

#### 4.2 Model Awal (*Existing*) Jaringan Pipa Distribusi

Secara geografis kabupaten Muara Enim terletak di posisi antara  $4^{\circ}$  -  $6^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $104^{\circ}$  -  $106^{\circ}$  Bujur Timur. Serta memiliki luas wilayah sekitar  $7.383,9 \text{ km}^2$  yang terletak ditengah – tengah wilayah Provinsi Sumatera Selatan, dengan batas – batas wilayah yaitu : sebelah Utara adalah Kota Palembang, sebelah Timur adalah Kabupaten Ogan Ilir, sebelah Selatan adalah Provinsi Bengkulu, dan sebelah Barat adalah Kabupaten Musi Rawas.

Lapangan Lumut Balai terletak di Kelurahan Penindaian, Kecamatan Semende Darat Laut, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan (sekitar 292 km dari kota Palembang). Lapangan panas bumi ini memiliki koordinat : UTM 342 km E dan 9532 km N – 9545 km N. Terletak disekitar gunung Balai, gunung Lumut, gunung Pagut. Ketinggian rata – rata lapangan panas bumi ini sekitar kurang lebih 1100 meter diatas permukaan laut (mdpl).

Jaringan pipa distribusi pada penelitian ini mengalirkan fluida yang bersumber dari 4 sumber menuju Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Jaringan pipa ini memiliki total Panjang 1279.84 m. hasil pembuatan desain model jaringan pipa distribusi pada lapangan ini menggunakan simulator Pipesim 2017 dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 4.1** Model Jaringan Pipa Distribusi Menggunakan Simulator PIPESIM 2017

Penginputan data pada model jaringan pipa distribusi ini berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan geothermal ini. Selanjutnya melakukan analisis permasalahan *pressure drop* jaringan pipa dan melakukan optimasi dengan 4 skenario agar memperoleh hasil yang optimum.

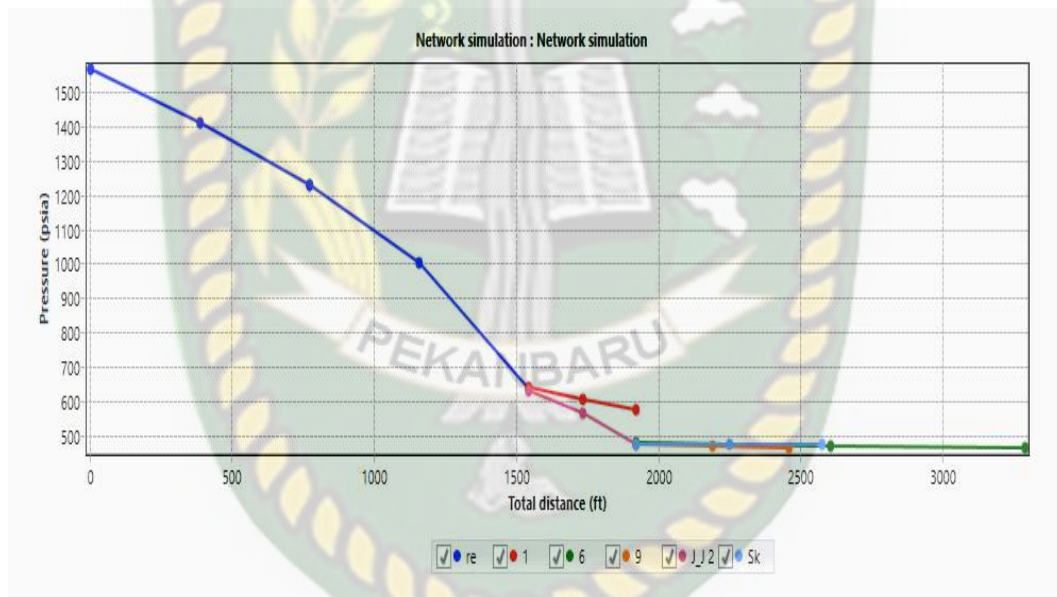
Dalam melakukan analisis jaringan pipa distribusi dilakukan *screening pipe* berdasarkan pipa *flowline* dari sumber menuju pembangkit listrik yang mana dapat dibaca dari hasil *report* maupun grafik Pipesim 2017, sehingga dalam melakukan optimasi jaringan pipa dapat mendesain berbagai skenario yang terbaik untuk meningkat kemampuan jaringan pipa dalam mendistribusikan geothermal menuju pembangkit listrik.

Pada lapangan geothermal ini memiliki 4 kluster (sumber) dimana pada tiap kluster memiliki tekanan, ukuran diameter, Panjang, serta produksi yang berbeda. Berikut data dari tiap kluster:

**Tabel 4.1** Data Lapangan Jaringan Pipa Distribusi Tiap Klaster

Nama Klaster	Tekanan (Psia)	Temperatur (F)	Diameter (inci)	Panjang (m)
Klaster Re	1566	245	24	470.1
Klaster 1	573	240	24	229.35
Klaster 6	464	240	16	416.74
Klaster 9	464	245	41	163.65

Hasil *Running program* pada desain *base* jaringan pipa distribusi dapat dilihat pada hasil laporan simulasi Pipesim 2017 :

**Gambar 4.2** Grafik Tekanan vs Jarak Pipa Kondisi *Base Case*

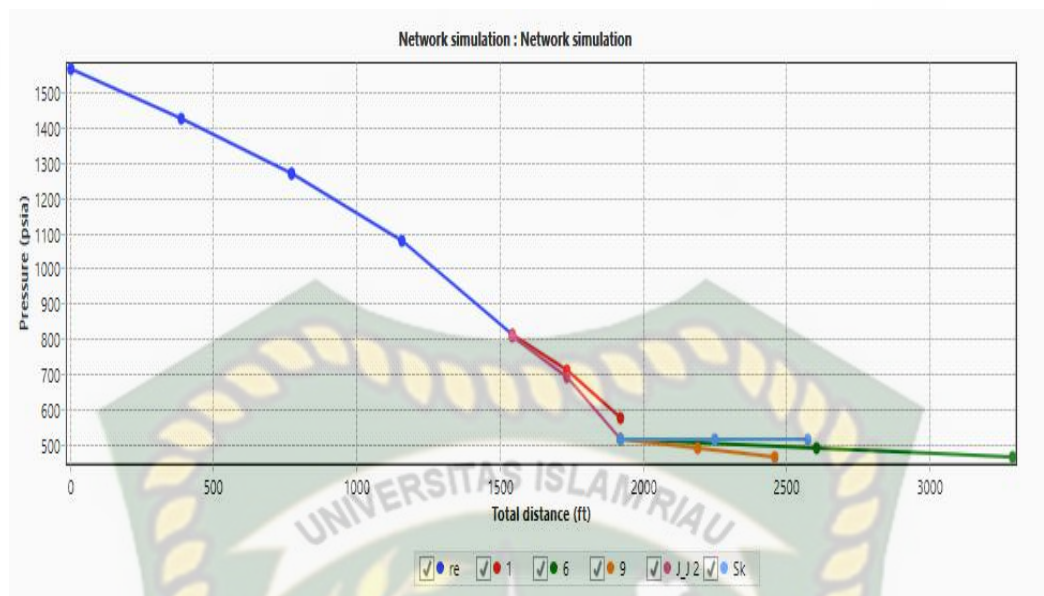
Berdasarkan dari hasil grafik tersebut, terjadi *pressure drop* yang tinggi pada jaringan pipa distribusi dari Klaster Re. penurunan tekanan terjadi pada awal jaringan pipa dimulai dari titik segmen pipa klister Re- hingga J. penurunan terjadi dari 1566 psia menjadi 636,16 psia atau terjadi penurunan sebesar 929.84 psia. Penurunan tekanan yang cukup signifikan ini terjadi karena pada jaringan pipa ini memiliki nilai friksi yang cukup tinggi yaitu sebesar 0.8 psi/ft dengan kecepatan fluida sebesar 315.4 – 751.3 ft/s. tingginya nilai friksi pada jaringan

pipa ini lebih besar dari jaringan pipa yang lain sehingga menyebabkan kehilangan energi yang cukup besar sepanjang fluida mengalir pada jaringan pipa tersebut. Oleh karena itu, terjadi penurunan tekanan terjadi cukup besar pada jaringan pipa ini.

Penurunan tekanan juga terjadi pada jaringan pipa  $j_2$  namun penurunan terjadi tidak sebesar pada kluster Re. sedangkan pada jaringan pipa lainnya tidak mengalami penurunan yang besar bahkan cukup stabil. Oleh karena itu, penulis melakukan optimasi pada masing-masing jaringan pipa distribusi yang dianggap mengalami kehilangan energi yang besar dengan menggunakan simulator Pipesim 2017. Optimasi dilakukan dengan 4 jenis skenario pertukaran ukuran diameter jaringan pipa dimana menurut (Arnold & Stewart, 1999) berdasarkan persamaan kehilangan tekanan Darcy – Weisbach bahwa perubahan ukuran pipa menjadi lebih besar akan memperkecil kehilangan tekanan yang terjadi. 4 skenario tersebut sebagai berikut:

#### 4.2.1 Skenario 1

Pada skenario pertama ini, penulis melakukan pergantian ukuran diameter pipa distribusi pada segmen jaringan pipa dari kluster Re –  $j_1$  dan  $j_1-j_2$  dari ukuran awal 24 inchi menjadi 32 inch dengan total Panjang 470.1 m. skenario ini dipertimbangkan karena pada titik segmen pipa ini terjadi *pressure drop* yang tinggi dimana memiliki nilai friksi yang tinggi. Oleh karena itu, dengan pergantian ukuran pipa menjadi lebih besar dari sebelumnya, diharapkan terjadi penurunan tekanan dapat diminimalisir. Didapatkan hasil *running* simulasi untuk skenario 1 sebagai berikut:

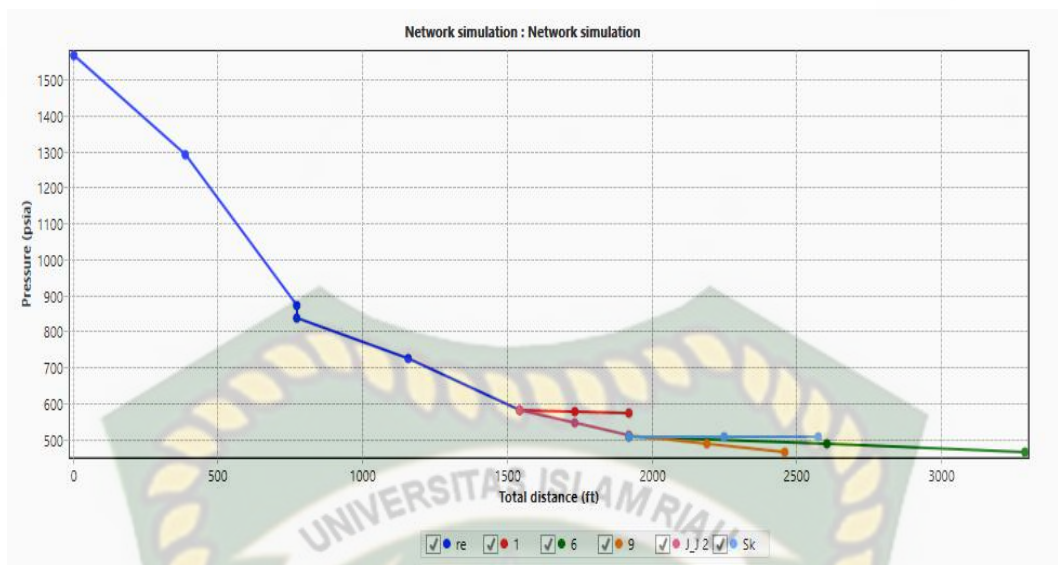


**Gambar 4.3** Grafik Tekanan vs Jarak Pipa Skenario 1

Pada grafik hasil *running* skenario 1 didapatkan hasil bahwa terjadinya penurunan *pressure drop* pada jaringan pipa klaster Re- j1 dan j1-j dari 1566 psia menjadi 810.6 psi. dibanding dengan kondisi *base case*, *pressure drop* di jaringan pipa distribusi Re-j pada skenario 1 terjadi lebih kecil. Hal ini terjadi karena disebabkan oleh perubahan ukuran diameter menjadi lebih besar yang mana berdampak pada meningkatnya kecepatan fluida 340 – 650 ft/s. *pressure drop* yang terjadi pada jaringan pipa ini terjadi sebesar 755.4 psia. namun, pada skenario 1 ini, terjadi *pressure drop* yang cukup tinggi pada jaringan pipa j-j2. Dimana terjadi penurunan tekanan dari 806.08 menjadi 513.67 psi atau penurunan tekanan sebesar 292 psia. Hal ini terjadi karena pada jaringan pipa ini terjadi migrasi ukuran pipa dari 24 inci 32 inci menjadi 24 inci yang menyebabkan meningkatnya nilai friksi (kehilangan energi) menjadi lebih besar.

#### 4.2.2 Skenario 2

Pada skenario kedua ini, penulis melakukan pergantian ukuran pipa diameter jaringan pipa j1-j dan j-j2 dari 24 inci menjadi masing-masing 32 inci dan 36 inci. Sedangkan pada jaringan pipa yang lain tetap sesuai dengan kondisi *base case*. Didapatkan hasil *running* skenario 2 sebagai berikut:

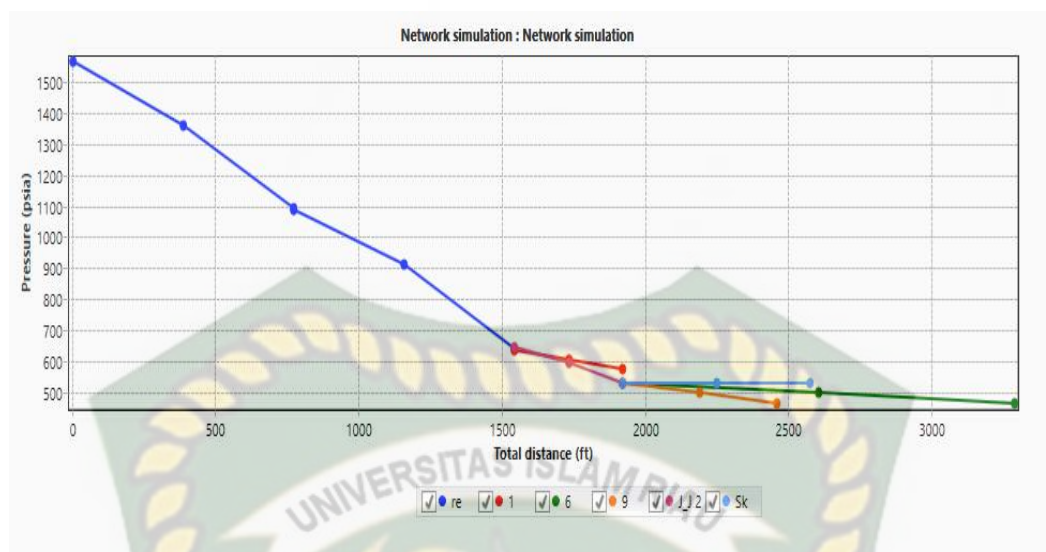


**Gambar 4.4** Grafik Tekanan vs Jarak Pipa Skenario 2

Dari hasil grafik diatas, didapatkan hasil bahwa, pada jaringan pipa Klaster Re – J serta dari J-J1 mengalami *pressure drop* yang besar. Dimana terjadi penurunan tekanan secara signifikan dari 1566 psia menjadi 578 psia. Pada jaringan pipa ini juga mengalami penurunan temperatur yang besar dari 245 F Menjadi 229.1 F yang menyebabkan perubahan fasa fluida atau terjadinya kondensasi, Hal ini mengakibatkan terjadi peningkatan nilai friksi pada jaringan pipa ini yaitu sebesar 0.5 – 0.3 psi-ft. dengan tingginya nilai friksi tersebut terjadi kehilangan energi yang besar pula. *Pressure drop* juga terjadi pada jaringan pipa j-j2 hal ini disebabkan oleh terjadinya migrasi diameter pipa dari 36 inci menjadi 24 inci. ini menyebabkan terjadinya peningkatan kecepatan fluida 408 - 461 ft/s. sedangkan pada jaringan pipa lainnya mengalami penurunan tekanan yang tidak terlalu besar. Bahkan beberapa jaringan pipa terjadi penurunan yang cukup stabil.

#### 4.2.3 Skenario 3

Pada skenario yang ketiga ini, penulis melakukan pergantian pertambahan ukuran diameter jaringan pipa distribusi di klaster 1 dari 24 inci menjadi 32 inci, klaster Re dari 24 inchi menjadi 36 inchi, jaringan pipa j1-j dari 24 inchi menjadi 36 inchi, dan jaringan pipa klaster 6 dari 16 inci menjadi 24 inchi serta j-j2 dari 24 inchi menjadi 36 inchi. Berdasarkan skenario tersebut didapatkan hasil *running* sebagai berikut:

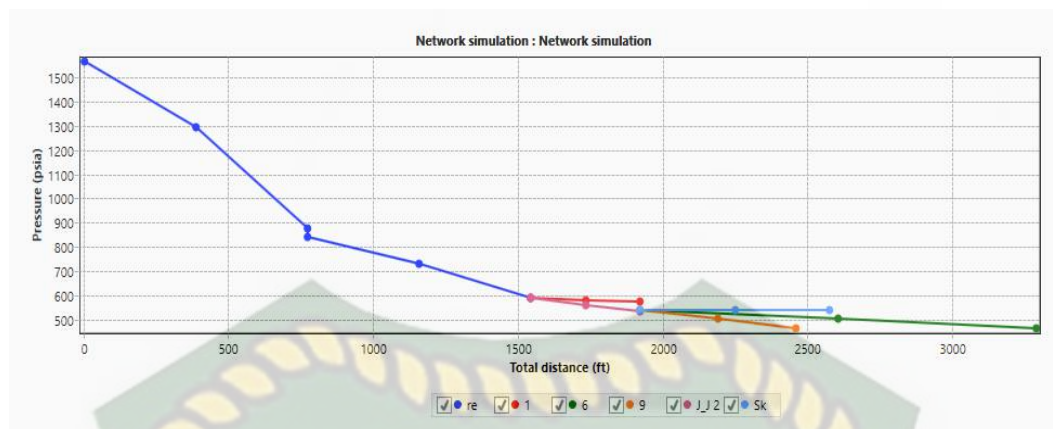


**Gambar 4.5** Grafik Tekanan vs Jarak Pipa Skenario 3

Berdasarkan hasil grafik tersebut dapat dilihat bahwa, terjadi penurunan tekanan signifikan pada jaringan pipa kluster Re dan jaringan pipa j-j1. *Pressure drop* terjadi pada jaringan pipa kluster Re terjadi dari 1566 psia menjadi 641.6 psia atau terjadi penurunan sebesar 924.4 psia. Penurunan yang cukup besar ini terjadi karena tingginya nilai friksi pada jaringan pipa ini dibanding jaringan pipa lainnya dimana pada jaringan pipa ini memiliki nilai friksi sebesar rata-rata 0.4 psi/ft. tingginya nilai friksi ini menyebabkan besarnya kehilangan energi yang terjadi. kecepatan fluida pada jaringan pipa ini berkisar dari 400-760 ft/s. penurunan temperatur pun terjadi pada jaringan pipa ini dimana terjadi penurunan dari 245 F menjadi 230 F yang menyebabkan terjadinya terbentuknya kondensasi fluida. sedangkan pada jaringan pipa lainnya seperti jaringan pipa Kluster 1,6,9 dan jaringan pipa j\_j1 tidak mengalami *pressure drop* yang besar. Hal ini dikarenakan pada jaringan pipa ini, memiliki nilai friksi yang kecil dibanding jaringan pipa sebelumnya.

#### 4.2.4 Skenario 4

Pada skenario 4, penulis melakukan pergantian ukuran pipa hanya pada jaringan pipa kluster Re dari 24 inchi menjadi 32 inchi, dan jaringan pipa j1-j2 dari 24 inchi menjadi 36 inchi. Sedangkan pada jaringan pipa yang lainnya tetap pada kondisi *base case*. Berdasarkan skenario 4, didapatkan hasil *running* sebagai berikut:

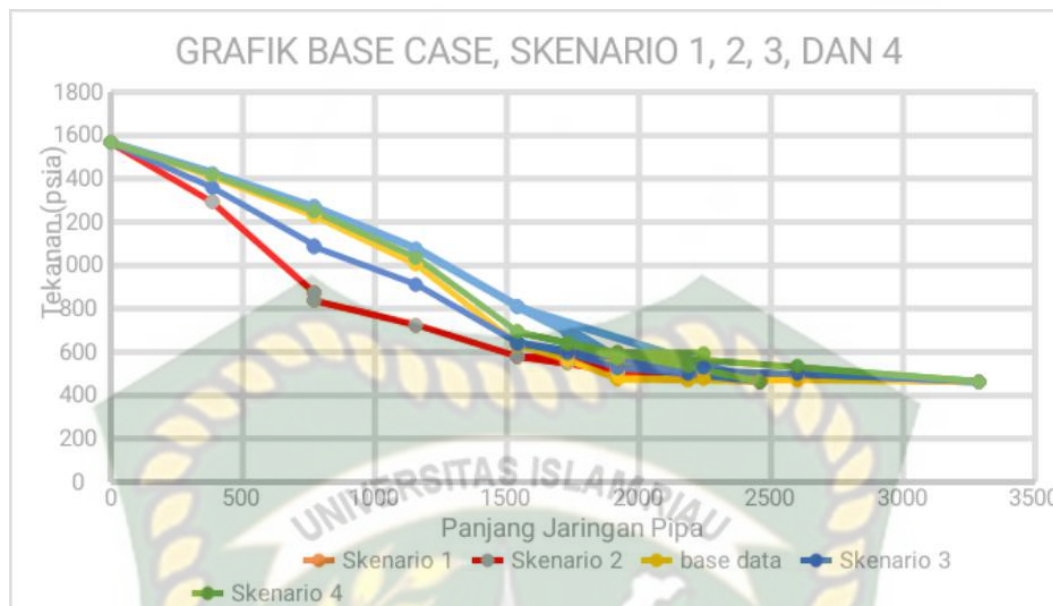


**Gambar 4.6** Grafik Tekanan vs Jarak Pipa Skenario 4

Pada grafik diatas, dapat dilihat bahwa, terjadinya *pressure drop* pada jaringan pipa klister Re dan jaringan pipa j1-j2. Dimana pada jaringan pipa klister Re terjadi penurunan yaitu dari 1566 psi menjadi 714,9 psia atau sebesar 851,1 psia. Penurunan tekanan ini lebih kecil dibanding kondisi *base case*. Hal ini dikarenakan pada jaringan pipa ini memiliki nilai friksi yang lebih kecil dibanding kondisi *base case* yaitu sebesar 0.4 psi/ft. Selanjutnya berdasarkan Temperatur pun pada jaringan pipa klister Re mengalami penurunan juga dari 245 F menjadi 231 F. Selanjutnya, pada jaringan pipa Klaster 1 juga mengalami penurunan yang cukup tinggi dari 710.9 psia menjadi 573 psia. Namun lebih rendah dibanding nilai friksi pada jaringan pipa sebelumnya yaitu jaringan pipa klister Re. temperature pada jaringan pipa klister 1 tidak mengalami penurunan yang signifikan. Pada jaringan pipa lainnya yaitu jaringan pipa j-j2 mengalami penurunan tekanan juga dari 715.7 psia menjadi 569.7 psia hal ini dikarenakan pada segmen pipa ini terjadi migrasi ukuran pipa dari 36 inchi menjadi 24 inchi yang menyebabkan terjadinya peningkat kecepatan fluida dari 400 ft/s menjadi 620 ft/s sehingga nilai friksi pun terjadi peningkatan. Dan begitu pula yang terjadi pada jaringan pipa lainnya. Namun, penurunan terjadi tidak terlalu signifikan dibanding klister Re.

#### 4.3 Perbandingan Hasil Base Case, Skenario 1, 2, 3 dan 4

Perubahan penurunan tekanan (*pressure drop*) pada masing-masing skenario(1,2,3 dan 4) dibanding pada kondisi *base case* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 4.7** Hasil Perbandingan *Base case* vs Skenario 1,2,3 dan 4

Berdasarkan perbandingan diatas, dapat dilihat bahwa, adanya perubahan kondisi *pressure drop* pada kondisi *base case* maupun pada skenario 1, 2, 3, dan 4. Dimulai dari kondisi *base case*, terjadi penurunan tekanan diawali secara perlahan hingga terjadi penurunan secara signifikan pada m 400 di jaringan pipa klistor Re. dimana terjadi penurunan dari 1200 psia menjadi 636.1. penurunan tekanan ini juga diikuti oleh penurunan temperatur pada jaringan pipa ini yang mengindikasikan terjadinya perubahan fasa sehingga menyebabkan meningkatnya nilai friksi pada jaringan pipa ini.

Selanjutnya pada skenario 1 terjadi penurunan tekanan pada jaringan pipa klistor Re dari 1566 psia menjadi 810.6 psia. Hal ini terjadi karena pada jaringan pipa ini memiliki nilai friksi yang besar dibanding jaringan pipa yang lain yaitu sebesar 0.3 – 0.5 psi/ft. namun, *pressure drop* yang terjadi pada jaringan pipa ini tidak sebesar pada jaringan pipa yang sama pada kondisi *base case* dikarenakan pada skenario 1 di jaringan tersebut dilakukan penggantian ukuran diameter pipa dari 24 inchi menjadi 32 inchi. Pada jaringan pipa j-j2 mengalami *pressure drop* yang tinggi dibanding kondisi *base case*, dimana terjadi penurunan tekanan dari 806.1 psi menjadi 513.7 psia. hal ini dikarenakan pada jaringan pipa ini mengalami transisi ukuran pipa 32 inchi menjadi 24 inchi yang menyebabkan terjadinya peningkatan kecepatan fluida sehingga nilai friksi pun menjadi tinggi.

Pada skenario 2, terjadi penurunan tekanan signifikan di jaringan pipa kluster Re tepatnya pada jaringan pipa j1-j penyebabnya juga terjadi karena memiliki nilai friksi yang besar. Sedangkan pada m ke 235 penurunan tekanan tidak sebesar sebelumnya dikarenakan terjadi transisi ukuran diameter dari 24 inci menjadi 36 inci. Pada skenario 3 dan 4, penurunan tekanan yang terjadi pada jaringan pipa kluster Re tidak secepat dari kondisi *base case*, skenario 1 maupun 2. Penurunan terjadi secara perlahan dari 1566 menjadi 1300, 1000, 900 psia. Namun pada jaringan ini juga memiliki nilai friksi yang cukup tinggi yaitu sebesar 0.4 psi/ft. pada jaringan pipa lainnya seperti kluster 1, j-j1, kluster 6 dan 9 tidak mengalami penurunan tekanan yang tinggi.

#### 4.4 Perubahan tekanan pada tiap segmen pipa kondisi *base case* dan skenario 1,2,3, dan 4

Tabel 4.2 Hasil Penurunan Tiap Kondisi

Segmen pipa	Pressure Drop (psia)				
	Kondisi <i>Base case</i>	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Kluster Re,1,6, dan 9 hingga Pembangkit listrik	1089.87	1052.33	1054.6	1035.1	976.2

Berdasarkan hasil simulasi optimasi pergantian ukuran jaringan pipa distribusi dengan 4 skenario yang dilakukan, menunjukkan terjadinya penurunan tekanan yang berbeda diantara jaringan pipa distribusi yang ada. Namun, selain parameter diameter jaringan pipa, juga terdapat parameter lain yang dapat mempengaruhi penurunan tekanan. Seperti material pipanya, Panjang pipa, problematika produksinya, dan lain-lain. Oleh karena itu, dari hasil optimasi yang dilakukan dimana yang menjadi fokus utama penulis adalah pergantian ukuran diameter pipa dari masing-masing segmen pipa, hasilnya terjadi penurunan tekanan yang beraneka ragam. Oleh karena itu, berdasarkan perbandingan tersebut, maka penurunan tekanan (*pressure drop*) yang terendah yaitu pada skenario 4. Hal ini dilakukan karena Menurut (James C., & Keiler, P.E,2015), Semakin kecil kehilangan tekanan di sepanjang pipa, maka laju alir dalam pipa

akan semakin besar. Serta hasil ini juga membenarkan pernyataan (Arnold & Stewart, 1999) bahwa perubahan ukuran pipa menjadi lebih besar akan memperkecil kehilangan tekanan (*pressure drop*) yang terjadi. Sehingga, penulis merekomendasikan pada skenario 4.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan pemodelan jaringan pipa distribusi pada lapangan Geothermal Power plant X, hasil *running* menggunakan simulator Pipesim 2017 terdapat penurunan tekanan yang cukup tinggi terutama pada jaringan pipa kluster Re. dimana membutuhkan evaluasi diameter di sepanjang jaringan pipa distribusi lapangan Power Plant X.
2. Optimasi jaringan pipa distribusi lapangan Power Plant X dilakukan dengan 4 skenario penggantian ukuran diameter jaringan pipa , pada skenario 1, dilakukan penggantian diameter pada jaringan pipa kluster Re-j1 dan j1-j dari 24 inchi menjadi 32 inchi. Pada skenario 2 dilakukan penggantian diameter jaringan pipa j1-j dan j-j2 dari 24 inci menjadi masing-masing 32 inchi, dan 36 inchi. Pada skenario 3, dilakukan penggantian diameter jaringan pipa Kluster Re, Kluster 1 masing masing dari 24 inchi menjadi 36 inchi dan 32 inchi. Penggantian diameter juga dilakukan pada Kluster 6 dari 16 inchi menjadi 24 inchi. Serta penggantian diameter jaringan pipa j-j2 dari 24 inci menjadi 36 inci. Terakhir pada skenario 4 dilakukan penggantian diameter jaringan pipa kalster Re dari 24 inchi menjadi 32 inchi dan jaringan pipa j1-j-j2 dari 24 inchi menjadi 36 inchi. Dari hasil optimasi penggantian ukuran diameter pipa distribusi didapatkan hasil sebagai berikut, pada kondisi *base case*, terjadi penurunan tekanan dari kluster Re,1,6,9 hingga Power Plant sebesar 1089.87 psia. Pada skenario 1 sebesar 1052.33 psia, pada skenario 2 sebesar 1054.6 psia , pada skenario 3 sebesar 1035.1 psia serta pada skenario 4 sebesar 976.2 psia.

## 5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penulis menyarankan agar melakukan uji analisis sensitivitas pada pemodelan jaringan pipa ini dan perbandingan keekonomian pemodelan ini dengan model awal jaringan pipa distribusi yang digunakan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdassah, D. (1998). *Sifat Fisik Gas Alam*. Institut Teknologi Bandung.
- Ahmed, T. (2000). *Reservoir Engineering Handbook*. Houston: Gulf Professional Publishing.
- Ansyori, R. (2012). STUDI SIMULASI PENGALIRAN GAS KONDENSAT UNTUK PERENCANAAN PIPELINE PADA OFFSHORE PLATFORM LINGKUNGAN NERITIK. *Swara Patra*, 2(3).
- Arnold, K., & Stewart, M. (1999). *Surface Production Operations*. Houston, United State of America: Houston TX.
- Baharuddin, Sitepu, A. H., & Setiawan, W. (2011). Analisa Back Pressure Terhadap Prestasi Mesin Diesel Nanchang 2105 A-3. (pp. Vol 5 ISBM : 978-979-127255-0-6). Makasar: Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin .
- Baitlessov, R., Kaibaldiyeva, U., Solorzano, L. R., & Nazarbayev. (2016). Multi-Size Piping Approach To Increase Gas Pipeline Productivity By Selective Reduction Of Holdup. *SPE-182108-MS*.
- Biyanto, T., Umam, S., Permatasari, A. K., Irawan, S., Perkasa, F., & Bayuaji, R. (2016). Gas Mass Flow Rate Optimization On Multi Gas Well System Using Pipesim Software. *Conference Paper*. Researchgates.net.
- Cabalu, H. (2009). Indicators Of Security Of Natural Gas Supply In Asia. *Elsevier*, 218-225.
- Chaczykowski, M. (2009). Transient Flow In Natural Gas Pipeline - The Effect Of Pipeline Thermal Model. *Elsevier*, 1051-1067.
- Erfando, T., Sepriady, D. A., & Apriandi, T. S. (2019). Free Span Investigation Of The Longest Subsea Gas Pipeline In Indonesia Using Remotely Operated Vehicle ROV. *SPE-197297-MS*.
- Esmacili, A. (2012). Simulation Of A Sub-Sea Gas Pipeline In Persian Gulf To Estimate The Physical Parameters. *International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA* (pp. 1634-1650). Prague: Elsevier.
- Fridleifsson, I. B. (2001). Geothermal energy for the benefit of the people. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5(3), 299–312.
- Hamdani, M. R., & Pratama, H. B. (2020). Updating the Conceptual Model of Lumut Balai Geothermal Field, South Sumatera, Indonesia Using

Numerical Simulation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 417(1), 12023.

Hartono, D., Purwanto, W., Nurkholis, & Rum, I. (2017). Impact Analysis Of Natural Gas Policy In Indonesia. *Energy Sources* , 1556-7249 1556-7257.

Lumalessil, F. F., Fernanda, E., & Dullah, F. A. (2019). OPTIMALISASI DESAIN PSP-MAP (PIPA SURFACE PENYALUR MATA AIR PANAS) MENGGUNAKAN SOFTWARE POD 1.0 (PHYTON OPTIMIZATION DESIGN) SEBAGAI SALAH SATU UPAYA MEWUJUDKAN INFRASTRUKTUR BERKELANJUTAN DI KAWASAN CISOLOK. *Jurnal Geosaintek*, 5(3), 127–134.

Marfo, S., Appau, P., & Kpami, L. (2018). Subsea Pipeline Design For Natural Gas Transportation: A Case Study Of Cote D'ivoire's Gazelle Field. *International Journal of Petroleum and Petrochemical Engineering (IJPPE)*, 21-34.

Mujiyanto, S., & Tiess, G. (2013). Secure Energy Supply in 2025: Indonesia's Need For An Energy Policy Strategy. *Elsevier*, 31-41.

Nava, Z., Rojas, M., Martinez, N., Trujillo, J., Rigual , Y., & Gonzales, C. (2012). Hydraulic Evaluation Of Transport Gas Pipeline On Offshore Production. *International Petroleum Technology Conference* . Bangkok.

Nugroho, A. S. (2019). Perencanaan Pipa Dua Fasa pada Fasilitas Produksi Panas Bumi Dieng. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 3(1), 36–42.

Permatasari, R. (2018). Analisis Aliran Fluida dan Insulasi Aliran Pipa Bawah Laut Menggunakan Pipesim. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 21-27.

PGE. (2014). *Geothermal FCRS and Power Plant Project Employer's Requirements Volume 1 - General: Vol. I*.

Putra, S. (2002). East Javagas Pipeline Liquid Condensation Study Using Dynamic Multiphase Flow Simulator. *Asia Pacific oil and Gas Conference and Exhibition* . Melbourne: Society of Petroleum Engineer.

Rachman, R. F., & Permatasari, R. (2018). Analisis aliran fluida dan insulasi aliran pipa bawah laut menggunakan pipesim. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 13(1), 21–27.

- Rita, N., Ariyon, M., & Ramdhani, A.-A. *Analisis Jaringan Pemipaan Sumur Injeksi Menggunakan Aplikasi Pipesim Untuk Meningkatkan Injektivitas Sumur Berdasarkan Data Lapangan AL*. Seminar Nasional Mitigasi Dan Strategi Adaptasi Dampak Perubahan Iklim Di Indonesia.
- S.Solution. (2010). *Pipesim Fundamental Workflow / Solution Training*.
- Schlumberger. (2010). *PIPESIM Fundamentals, Workflow And Training*. Houston, Texas.
- Sitepu, A. H., & Setiawan, W. (2011). *ANALISA BACK PRESSURE TERHADAP PRESTASI MESIN DIESEL NANCHANG 2105 A-3*. 5, 978–979.
- Soegiono. (2007). No Title. In *Pipa Laut*. Airlangga University Press.
- Sumatera, S. E. (1981). *Analisa buckling pada saat instalasi pipa bawah laut: studi kasus saluran pipa baru “karmila - titi” milik cnooc di offshore south east sumatera*. 1–8.
- Thalib, R., Rangkuti, C., & Permatasari, R. (2017). Analisa Perbandingan Perhitungan Desain Engineering Pipa Alir Dengan Simulasi Dengan Menggunakan Software Pipesim Terhadap Kondisi Operasi Pada Lapangan X PT. Pertamina EP Asset 1 Field Ramba. *Seminar Nasional Cendekiawan ke 3*, (pp. ISSN (P) : 2460- 8696 ISSN (E) : 2540 - 7589).
- Tiab, D. (2000). *Gas Reservoir Engineering*. Oklahoma: The University of Oklahoma.
- Wibowo, F. (2015). Kajian Resiko Pipa Gas Transmisi PT. Pertamina Studi Kasus Simpang KM32-Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, Vol 3 No.1.
- Woldeyohannes, A. D., & Majid, M. A. (2010). Simulation Model For Natural Gas Transmission Pipeline Network System. *Elsevier*.