

**ANALISIS *PRESSURE DROP* AKIBAT TERJADINYA  
*FRICTION* DENGAN PERSAMAAN BERNOULLI PADA  
ALIRAN PIPA SUMUR GAS LAPANGAN PNN**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan*

Oleh

**BAKTI ARMANSYAH**

**NPM : 163210427**



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

## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala 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. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk gelar Sarja Teknik di Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua saya Hariyadi dan Sulastri, serta adik saya Hafizah Aula Dina dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan material maupun moral.
2. Ibu Fitrianti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing seminar proposal dan tugas akhir yang telah menyediakan, waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Fauzy Achmad Mayanullah selaku Pembimbing Lapangan yang telah membimbing saya, memberikan kemudahan dan masukan dalam menyelesaikan tugas akhir saya. Serta pegawai di PetroChina International Jabung Ltd yang membantu saya untuk melakukan penelitian di perusahaan.
4. Bapak Muhammad Ariyon, S.T., M.T selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihan, penyemangat dan masukan selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
5. Ketua dan Sekretaris Prodi serta dosen-dosen yang sangat membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
6. Yudatama, Fitrah, Firdaus, Tri Indah, Fadly, Ronaldo, Adam dan teman-teman petrolec yang sudah berjuang bersama dari awal perkuliahan sampai sekarang yang selalu memberikan dukungan moral.

Semoga Allah selalu melindungi dan membalas kebaikan semua pihak yang sudah membantu saya. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, Januari 2021

Bakti Armansyah



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan penelitian .....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>3</b>
2.1 <i>State Of The Art</i> .....	3
2.2 Sistem pemipaan.....	6
2.3 Jenis-Jenis Aliran Fluida pada <i>Flowline</i> .....	8
2.4 <i>Pressure Drop</i> .....	10
2.5 Bilangan Reynold .....	12
2.6 Persamaan Bernoulli.....	15
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN</b> .....	<b>18</b>
3.1 Metodologi penelitian .....	18

3.2	Alur Penelitian ( <i>Flow Chart</i> ).....	19
3.3	Tempat Penelitan .....	20
3.4	Studi Lapangan .....	20
3.5	Jadwal Penelitian .....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN.....</b>		<b>24</b>
4.1	Hasil Perhitungan.....	24
4.1.1	Menghitung Panjang Ekuivalen Pipa.....	24
4.1.2	Menghitung Kecepatan Aliran Gas pada Pipa.....	25
4.1.3	Menghitung Bilangan Reynold (Re).....	27
4.1.4	Menghitung Nilai <i>friction factor</i> (f).....	28
4.1.5	Menghitung <i>Pressure Drop</i> dengan Persamaan Bernoulli .....	28
4.2	Pembahasan .....	29
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>33</b>
5.1.	Kesimpulan.....	33
5.2.	Saran .....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>35</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>38</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Flow line</i> .....	6
Gambar 2.2 <i>Manifold</i> .....	7
Gambar 2. 3 <i>Trunk Line</i> .....	7
Gambar 2. 4. <i>Bubble flow</i> .....	8
Gambar 2. 5. <i>Plug flow</i> .....	8
Gambar 2. 6. <i>Stratified flow</i> .....	9
Gambar 2. 7. <i>Wavy flow</i> .....	9
Gambar 2. 8. <i>Slug flow</i> .....	9
Gambar 2. 9. <i>Annular flow</i> .....	10
Gambar 2. 10. <i>Sparty flow</i> .....	10
Gambar 2. 11 Aliran Laminar .....	14
Gambar 2. 12. Aliran Transisi.....	14
Gambar 2. 13. Aliran Turbulen.....	15
Gambar 2. 14. Energi aliran fluida (Menon, 2005).....	16
Gambar 3. 1. Lapangan PNN di Blok Jabung.....	21
Gambar 3. 2. Lokasi Sumur-sumur gas di lapangan PNN-Blok Jabung.....	22
Gambar 3. 3. Well pad Lapangan PNN-Blok Jabung .....	22
Gambar 3. 4. Skema sumur PUT-2 dan PNN-D9D .....	23

Dokumen ini adalah Arsip Miilik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

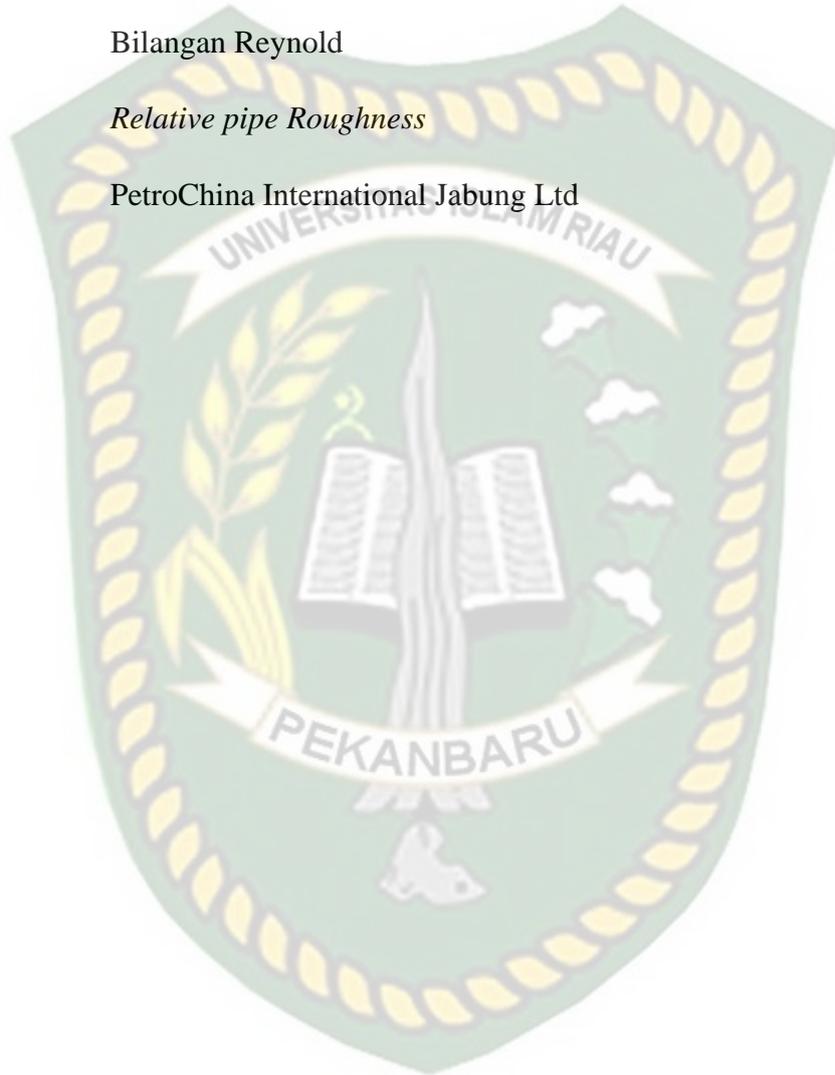
## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Jadwal Penelitian.....	23
Tabel 4.1. Panjang Pipa.....	24
Tabel 4.2. Data Sumur PUT-2 .....	25
Tabel 4.3 Data Sumur PNN-D9D .....	25
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan.....	29



## DAFTAR SINGKATAN

ROD	<i>Rate of Pressure Drop</i>
MAOP	<i>Maximum Allowable Operating Pressure</i>
DRA	<i>drag reducing agent</i>
Re	Bilangan Reynold
Rr	<i>Relative pipe Roughness</i>
PCJL	PetroChina International Jabung Ltd



## DAFTAR SIMBOL

$R_r$	<i>Relative Pipe Roughness</i>
$\epsilon$	Kekasaran pipa
$D$	Diameter Pipa
$L_e$	Panjang ekivalen
$K$	Konstanta <i>Elbow</i>
$Q$	Laju alir gas
$P$	Tekanan kepala sumur
$T$	Temperatur
$Z$	Faktor kompresibilitas
$A$	Luas Penampang
$V_s$	Kecepatan aliran gas
$\rho$	Densitas
$\mu$	Viskositas gas
$P_a-P_b$	<i>pressure drop</i> akibat gesekan
$f$	<i>Friction factor</i>

**ANALISIS *PRESSURE DROP* AKIBAT TERJADINYA *FRICTION*  
DENGAN PERSAMAAN BERNOULLI PADA ALIRAN PIPA SUMUR  
GAS LAPANGAN PNN**

**BAKTI ARMANSYAH  
163210427**

**ABSTRAK**

*Pressure drop* merupakan istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan penurunan tekanan dari 1 (satu) titik di dalam sistem (misalnya aliran dalam pipa) ke titik yang lain yang mempunyai tekanan lebih rendah. Terjadinya penurunan tekanan pada pipa alir dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya jenis sambungan pipa, belokan, katup-katup, *diffuser* dan komponen lainnya yang terpasang pada sistem pemipaan. Fluida yang mengalir pada pipa mengalami gesekan (*friction*) di sepanjang pipa alir dan diameter pipa tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *friction* terhadap *pressure drop* dan membandingkan *pressure drop actual* dengan *pressure drop* yang dihitung dengan persamaan Bernoulli. Persamaan Bernoulli adalah sebuah persamaan dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan, didapatkan hasil pada sumur PUT-2 nilai *friction factor* sebesar 1,68 dan *pressure drop* sebesar 151,25 Psi. Pada sumur PNN-D9D didapatkan nilai *friction factor* sebesar 4,7 dan nilai *pressure drop* sebesar 41,06 Psi. Jenis aliran yang dari kedua sumur tersebut adalah aliran laminar. Dimana Bilangan Reynold dari kedua sumur nilainya dibawah 2300. Kecepatan aliran gas sangat mempengaruhi terjadinya *pressure drop* dibandingkan *friction factor*. Semakin tinggi kecepatan aliran gas maka semakin tinggi juga *pressure drop* yang terjadi. Pada sumur PUT-2 terjadi *back pressure* disebabkan karena tekanan di separator lebih besar nilainya dibanding tekanan yang didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan *pressure drop*. *Pressure drop* yang terjadi pada sumur PNN-D9D tidak begitu besar pengaruhnya terhadap laju alir gas sehingga dengan kondisi ini gas dapat mengalir dengan leluasa disebabkan tekanan separator yang masih jauh di bawah tekanan dari hasil perhitungan tekanan kepala sumur dikurangi *pressure drop*.

**Kata Kunci:** *Pressure drop*, pipa produksi, *friction*, kecepatan aliran gas, Bernoulli.

**ANALYSIS OF PRESSURE DROP DUE TO THE OCCURENCE OF  
FRICTION WITH THE BERNOULLI EQUATION ON GAS PIPELINE PNN  
FIELD**

**BAKTI ARMANSYAH**

**163210427**

**ABSTRACT**

*Pressure drop is a term used to describe the pressure drop from 1 (one) point in the system (eg flow in a pipe) to another point in lower pressure. The occurrence of pressure drop in the flow pipe is affected by several parameters including the type of pipe connection, bends, valves, diffusers and other components installed in the piping system. The fluid flowing in the pipe experiences friction along the flow pipe and the pipe diameter. This study aims to determine the effect of friction on pressure drop and to compare the actual pressure drop with the pressure drop calculated by the Bernoulli equation. Bernoulli's equation is an equation in fluid mechanics which states in fluid flow, and an increase in fluid velocity will cause a decrease in pressure in the flow. Based on the results of the calculations have been done in which the results in the PUT-2 well have a friction factor of 1.68 and a pressure drop of 151.25 Psi. In the PNN-D9D well, the friction factor value was 4.7 and the pressure drop value was 41.06 Psi. The type of flow from the two wells is a laminar flow where the Reynold number of the two wells is below 2300. The speed of gas flow greatly affects the pressure drop compared to the friction factor. The higher the gas flow rate, the higher the pressure drop that occurs. In the PUT-2 well, back pressure occurs because the pressure in the separator is greater than the pressure obtained from the calculation using pressure drop. The pressure drop that occurs in the PNN-D9D well does not significantly affect the gas flow rate. Therefore, the gas condition can flow freely because the separator pressure is still far below the pressure calculated from the wellhead pressure minus the pressure drop.*

**Keywords :** *Pressure drop, pipeline, friction, gas flow velocity, Bernoulli.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemampuan produksi suatu sumur gas sangat penting untuk diketahui, karena hal ini sangat berkaitan dengan perencanaan operasi lapangan gas serta jumlah gas yang harus diproduksi setiap harinya, sesuai dengan kontrak yang telah disepakati antara perusahaan dan konsumen. *Pipeline* merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam kegiatan produksi pada industri migas yaitu untuk membawa fluida produksi dari suatu titik distribusi ke titik distribusi lain. Sistem pemipaan terbagi atas 2 (dua) jalur bagian yaitu yang pertama disebut dengan *flowline* dimana jalur ini dimulai dari sumur menuju ke tempat proses pengolahan gas yang biasa disebut stasiun pengumpul dan yang kedua yaitu jalur *trunkline* dimana jalur pemipaan ini mengalirkan gas dari stasiun pengumpul kepada konsumen (Sugiri, 2017). Terdapat beberapa dinamika permasalahan dalam proses transportasi fluida produksi pada pipa penyalur salah satunya adalah terjadinya penurunan tekanan alir fluida dalam pipa. Penurunan Tekanan alir fluida dalam pipa dikenal dengan sebutan *Pressure Drop* (RAHMAN, 2015).

*Pressure drop* di dalam pipa sangat penting untuk diketahui guna merancang sistem perpipaan yang akan dipasang. *Pressure drop* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kekasaran pipa, panjang pipa, diameter pipa, jenis fluida, kecepatan aliran fluida dan bentuk aliran fluida (Jalaluddin, Akmal, Nasrul, & Ishak, 2019). Selain itu terjadinya penurunan tekanan pada pipa alir juga dipengaruhi oleh beberapa parameter lainnya yaitu jenis sambungan pipa, belokan, katup-katup, *diffuser* dan komponen lainnya yang terpasang pada sistem pemipaan.

Fluida yang mengalir pada pipa akan mengalami gesekan (*friction*) antara fluida dengan dinding pipa yang dapat menyebabkan terjadinya *pressure drop*. Faktor friksi didefinisikan sebagai gaya gesek yang terjadi antara 2 (dua) permukaan yang saling bersinggungan (Fadhli & Madjid, 2017). Persamaan Bernoulli adalah sebuah persamaan dalam mekanika fluida yang menyatakan

bahwa pada aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut.

Dalam penelitian ini peneliti akan melakukan perhitungan *pressure drop* dengan menggunakan persamaan Bernoulli dimana parameternya merupakan nilai *friction factor*, kecepatan aliran gas, panjang pipa dan diameter pipa dengan menggunakan data-data primer yang didapatkan di lapangan. Penelitian ini dilakukan pada *flowline* dari 2 (dua) sumur yang memiliki aliran laminar menuju *manifold*. Adapun data yang dibutuhkan yaitu data laju alir gas, tekanan, temperatur, viskositas, densitas, dan diameter pipa dari perusahaan

## 1.2 Tujuan penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan nilai dari *friction factor* (faktor gesekan) pada *flowline*.
2. Menganalisis *pressure drop* dengan menggunakan persamaan Bernoulli disepanjang *flowline* dari *wellhead* menuju *manifold*.
3. Membandingkan *pressure drop actual* dengan perhitungan *pressure drop* menggunakan persamaan Bernoulli

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini bagi perusahaan adalah sebagai referensi untuk mengatasi permasalahan *pressure drop* akibat adanya gesekan pada *flowline*, sehingga dapat digunakan dalam analisis pemilihan *pipeline* yang tepat serta perusahaan dapat memperhatikan *critical flow rate* dari setiap sumur supaya tidak terjadi *pressure drop* dan *back pressure*. Selain itu, penelitian dapat dijadikan acuan bagi mahasiswa dalam penelitian selanjutnya.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan dari penelitian ini agar tidak menyimpang dari tujuan maka penelitian ini berfokus hanya menghitung nilai *friction factor* dan menghitung *pressure drop* dengan persamaan Bernoulli. Penelitian ini hanya menghitung *pressure drop* yang terjadi pada *flowline* dari sumur menuju *manifold* di sepanjang pipa pada panjang tertentu.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

وَهُوَ الَّذِي مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ هَذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ وَهَذَا مِلْحٌ أُجَاجٌ  
وَجَعَلَ بَيْنَهُمَا بَرْزَخًا وَحِجْرًا مَحْجُورًا

Dan Dialah yang membiarkan dua laut yang mengalir (berdampingan); yang ini tawar lagi segar dan yang lain asin lagi pahit; dan Dia jadikan antara keduanya dinding dan batas yang menghalangi (Q.S. Al-Furqan ayat 53).

#### 2.1 *State Of The Art*

Menurut penelitian yang dilakukan oleh gigis kintan miyarthaluna (2018), peneliti melakukan penelitian pada jaringan pipa biogas. Penambahan pelanggan baru akan meningkatkan *pressure drop* sehingga tekanan biogas menuju ke kompor terus menurun. Setiap kompor membutuhkan landfill gas sebesar 1,0 kPa. Penelitian ini melakukan perhitungan *pressure drop* dengan menggunakan persamaan Bernoulli. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu tekanan gauge LFG ke kompor lebih dari 1,0 kPa sehingga tidak diperlukan pembuatan desain yang baru.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ming-zhi Li, dkk (2018), melakukan penyelidikan pada transportasi pipa yang berbeda ukuran partikelnya dalam berbagai kondisi aliran dan mekanisme serta tingkat pengaruh perbedaan-perbedaan ini pada resistensi pipa. Akibatnya perlu untuk menyederhanakan distribusi in-situ menggunakan ukuran setar seperti ukuran partikel median, ukuran rata-rata aritmatika atau perhitungan resistensi transportasi sedimen. Penyederhanan ini mengabaikan efek gradasi partikel pada penurunan tekanan khususnya pada transportasi partikel multi-ukuran dengan konsentrasi tinggi. Hasil SJTU-HMSPD dibandingkan dengan data titik kerja pengerukan yang sebenarnya, dan hasilnya menggambarkan bahwa SJTU-HMSPD dapat memprediksi resistensi transmisi pipa dari bubuk dengan gradasi yang kompleks. Parameter input, seperti kecepatan aliran diameter pipa, dan konsentrasi padat.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Lili Zou, dkk (2015), penelitian dilakukan pada katup control *line-break* otomatis digunakan secara luas untuk pelepasan gas jika terjadi kerusakan dalam pipa gas. Ketika pipa pecah, akan terjadi penurunan tekanan yang tinggi dan laju penurunan tekanan (*Rate of Pressure Drop*, ROD) dapat diamati disekitar katup. Nilai ROD diukur selama periode waktu yang ditentukan sebelumnya dan digunakan untuk menentukan apakah telah terjadi perpecahan pipa. Penelitian ini menggunakan metode simulasi yaitu dengan software *Pipeline Studio*. Nilai ROD maksimum selama 120-an terpengaruh oleh tekanan operasi dan kecepatan gas. Ketika kecepatan gas meningkat, nilai ROD maksimum meningkat. Ketika kecepatan gas di ruang katup meningkat, kecepatan pengaruh tekanan operasi pada nilai ROD maksimum berkurang secara bertahap. Pengaturan ROD yang disarankan dari penelitian ini dapat praktis diterapkan dengan menambahkan faktor keamanan 20%-30% ke nilai ROD maksimum yang disimulasikan.

Penelitian yang dilakukan oleh Kegang Ling (2012), peneliti mengembangkan solusi analitik untuk prediksi tekanan pada sistem 3 (tiga) fasa. Mulai dari keseimbangan gaya dan hubungan interaksi antara gas-minyak/ minyak-air, penurunan tekanan dapat diperkirakan. Metode berbasis teori baru ini umumnya baik untuk diterapkan pada sistem gas-minyak-air untuk aliran bertingkat dan memenuhi berbagai jenis kebutuhan. Persamaan yang di dapat adalah persamaan yang mengatur untuk penurunan tekanan dalam aliran 3 (tiga) fasa turbulen dan laminar. Profil tekanan di sepanjang jalur aliran horizontal dapat diperkirakan secara akurat yang dapat membantu merancang dan mengoptimalkan pipa transportasi jarak jauh dan jaringan permukaan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh H.R Karami, D. Mowla (2012), penelitian ini dilakukan untuk mengatasi gesekan yang diakibatkan dari interaksi antar pusaran dan dinding pipa yang menyebabkan gesekan dan penurunan tekanan aliran dengan cara meningkatkan tekanan fluida dengan cara memompakan fluida. Namun menggunakan pompa yang tidak sesuai akan lebih banyak membutuhkan energi dan kemungkinan melebihi tekanan pipa dan tekanan operasi maksimum

yang diijinkan (*Maximum Allowable Operating Pressure, MAOP*). Penelitian ini menggunakan bahan kimia yang disebut dengan *drag reducing agent (DRA)* yang berfungsi untuk mengurangi konsumsi energi pompa. Hasil penelitian ini, dengan menambahkan DRA ke aliran akan meningkatkan jumlah DRA sehingga *pressure drop* dan *head loss* aliran akan berkurang. Adapun hasil lainnya yaitu dapat meredam pusaran dan mengurangi faktor gesekan dan jumlah energi yang dibutuhkan pompa akan berkurang.

Penelitian yang dilakukan oleh Yuye Jiang dan Peng Zhang (2012) melakukan penelitian penurunan tekanan pada nitrogen cair. Penurunan tekanan nitrogen cair lebih tinggi dari nitrogen cair yang telah didinginkan karena gesekan, viskositas dan mekanis. Ketika nitrogen cair mengalir dalam pipa horizontal, penurunan tekanan sedikit lebih tinggi dari pada cairan yang didinginkan nitrogen dalam kondisi yang sama, dan meningkat dengan fraksi volume padat pada kecepatan yang sama. Dalam penelitian ini, karakteristik aliran dan mekanisme terkait nitrogen cair dalam pipa horizontal diselidiki secara eksperimental dan teoritis. Hasil yang didapat pada penelitian ini adalah ketika kecepatan rata-rata berkisar 0.5-3.5 m/s dan volume fraksi padat rata-rata hingga 30%, penurunan tekanan per satuan panjang nitrogen cair selalu lebih tinggi dari pada cairan nitrogen yang didinginkan dalam kondisi yang sama, karena gesekan viskositas dan gesekan mekanis terjadi pada nitrogen cair yang mengalir.

Penelitian yang dilakukan oleh Pouria Baghaei dan Rajinder pal (2014) melakukan penelitian untuk menyelidiki efek gelembung udara dan aditif berbeda pada pengurangan hambatan secara vertikal pada aliran pipa. Penelitian ini berhubungan dengan efek gelembung udara pada geser dan faktor gesekan. Faktor gesekan versus data angka Reynolds menunjukkan *trend* pada angka Reynold yang rendah dan tinggi. Pada bilangan Reynold yang tinggi, campuran dua fasa berperilaku sebagai sistem *pseudo-homogen* dan faktor gesekan mengikuti perilaku 1 (satu) fasa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa gelombang udara dapat meningkatkan tegangan geser dinding. Pengurang faktor gesekan untuk campuran aliran udara-air pada bilangan Reynolds yang rendah dapat dicapai dengan mengurangi ukuran gelembung dengan bantuan busa.

Pada penelitian analisis *pressure drop*, peneliti menggunakan persamaan Bernoulli pada *flowline* yang mengalirkan gas, sedangkan para peneliti lain menggunakan metode Darcy dan Panhandle. Perbedaan dari penelitian ini dengan peneliti lainnya yaitu terletak pada metode yang digunakan. Tujuannya yaitu untuk sebagai pembanding dari masing-masing metode sehingga dapat mengetahui metode apa yang cocok digunakan. Metode Bernoulli dapat digunakan pada fluida yang memiliki viskositas kecil serta aliran gas yang laminar. *Pressure drop* yang terjadi pada aliran laminar tidak bisa ditentukan secara teoritis, tapi harus ditentukan dengan cara eksperimen (Bilgesu & Koperna Jr, 1995).

## 2.2 Sistem pemipaan

Pemipaan adalah suatu media yang digunakan untuk mengalirkan fluida dari *wellhead* sampai ke konsumen. Adapun beberapa istilah perpipaan yang digunakan sebagai jalur gas dari sumur hingga ke konsumen yaitu:

### 1. *Flow line*

*Flowline* adalah pipa yang dirancang untuk mengalirkan gas dari sumur ke *manifold* atau separator. Ukuran *flowline* bervariasi mulai dari 2 inci (50,8 mm) hingga 20 inci (508 mm).



Gambar 2. 1 *Flow line*

### 2. *Manifold*

*Manifold* adalah pipa yang dirancang sebagai tempat menyatunya atau bermuaranya fluida produksi dari masing-masing sumur secara *temporary* atau sementara. *Manifold* juga dapat berasal dari aliran masuk tunggal dan membagi aliran menjadi beberapa aliran keluar. *Manifold* juga digunakan dalam sistem injeksi lift gas, sistem injeksi gas/air, stasiun

pompa/kompresor, dan instalasi gas dan instalasi di mana cairan didistribusikan ke beberapa unit. Pada *manifold* terdapat *production header* dan *gas header*. *Production header* adalah pipa yang dirancang untuk mengalirkan fluida dari *manifold* ke separator. Sedangkan *gas header* adalah aliran pipa yang mengalirkan fluida dari sumur menuju ke *test separator* untuk melakukan pengukuran terhadap fluida yang terdapat pada sumur.



Gambar 2.2 *Manifold*

3. *Trunk line*

*Trunk line* adalah gabungan dari *pipeline* yang dirancang untuk transmisi gas dari fasilitas produksi ke *delivery station* atau *metering station*.



Gambar 2. 3 *Trunk Line*

### 2.3 Jenis-Jenis Aliran Fluida pada *Flowline*

*Flow regime* fluida adalah pola tertentu ketika suatu fluida mengalir yang diakibatkan sifat fisik fluida, iinteraksi antara cairan dan gas, *flowrate*, kekasaran dan orientasi pipa (Da Silva, 2020). Adapun tipe *flow regime* adalah sebagai berikut:

#### 1. *Bubble flow*

Suatu pola aliran fluida dimana kecepatan gas dan cairan diperkirakan sama besarnya sehingga cairan hampir meliputi seluruh bagian dari pipa sementara gas mengalir dalam bentuk gelembung-gelembung pada bagian atas pipa.



Gambar 2. 4. *Bubble flow*

#### 2. *Plug flow*

Kondisi pola aliran fluida yang terdiri cairan dan gas dimana cairan mengalir dibagian bawah pipa disepanjang *flowline* sedangkan gas akan terus membentuk gelembung-gelembung yang lebih besar mengalir dibagian atas pipa.



Gambar 2. 5. *Plug flow*

#### 3. *Stratified flow*

*Plug flow regime* akan berubah secara kontinu jika jumlah gas yang mengalir semakin banyak secara kontinu dimana aliran gas berada di bagian atas pipa disepanjang pipa dan cairan berada dibagian bawah pipa disepanjang pipa sehingga pertemuan antara fasa fluida tersebut sangat mulus dan jelas.



Gambar 2. 6. *Stratified flow*

4. *Wavy flow*

Gesekan yang terjadi antara gas dan cairan dimana gas yang mengalir semakin banyak sehingga gas akan mengalir lebih cepat dan akan mengakibatkan efek gelombang.



Gambar 2. 7. *Wavy flow*

5. *Slug flow*

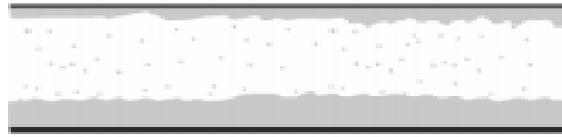
Ketika gas mengalir semakin banyak sehingga melebihi batas kritisnya yang akan mengakibatkan puncak dari gelombang cairan akan menyentuh bagian atas pipa dimana kecepatan aliran gas lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan dari cairan itu.



Gambar 2. 8. *Slug flow*

6. *Annular flow*

Suatu pola aliran fluida dimana cairan mengalir dibagian atas dan bawah pipa dengan berbagai ketebalan disepanjang pipa sedangkan gas mengalir dengan kecepatan tinggi di tengah-tengah pipa dan membawa sebagian butiran-butiran kecil cairan.



Gambar 2. 9. *Annular flow*

7. *Spray flow (mist flow, dispersed flow)*

Kecepatan aliran fluida yang sangat tinggi sekali di dalam pipa sehingga mengakibatkan cairan-cairan yang mengalir di bagian atas dan bawah pipa ikut terbawa aliran gas dalam bentuk titik-titik air.



Gambar 2. 10. *Sprary flow*

## 2.4 *Pressure Drop*

*Pressure drop* merupakan suatu permasalahan yang terjadi di dalam suatu pipa yang diakibatkan adanya perbedaan tekanan diantara 2 (dua) titik dari jaringan pipa yang membawa fluida. Kecepatan fluida, tekanan gas, laju alir gas, diameter pipa, temperatur dan viskositas fluida merupakan beberapa pengaruh *pressure drop* terhadap aliran fluida didalam pipa (Syarif, 2019). Kecepatan yang tinggi dan viskositas yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan *pressure drop* dan gaya gesekan juga semakin besar. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *pressure drop* yaitu:

a. *Friction Factor*

Faktor friksi atau faktor gesekan yang harus dilalui fluida dalam mengalir di dalam pipa yang bergantung terhadap kekasaran pipa, dan kondisi aliran. Faktor friksi didefinisikan sebagai gaya gesek yang terjadi antara 2 (dua) permukaan yang saling bersinggungan. Jenis dari permukaan sangat menentukan gaya gesek yang terjadi dimana permukaan yang kasar akan memiliki nilai *friction* yang lebih besar dibandingkan permukaan yang halus. Tingginya *friction factor* berpengaruh secara langsung terhadap besarnya *pressure drop* dan akan mempengaruhi besarnya tekanan yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida. Semakin besar diameter pipa

maka nilai *friction factor* akan semakin besar, dan begitu juga sebaliknya (Subagyo, 2011).

Pada aliran laminar, nilai *friction factor* dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (1)$$

#### b. Viskositas Fluida

Viskositas adalah ketahanan fluida terhadap aliran. Viskositas yang tinggi menjadikan aliran fluida semakin kecil sehingga tekanan yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida melalui pipa lebih besar dibandingkan fluida yang viskositasnya rendah. Dengan adanya tahanan aliran yang besar ini akan mengakibatkan *pressure drop* yang terjadi semakin besar. Viskositas berpengaruh dalam menentukan faktor fraksi melalui perhitungan bilangan Reynold yang sangat berpengaruh terhadap faktor friksi dan akan mempengaruhi perhitungan *pressure drop*.

#### c. Panjang Ekuivalen pada Pipa

Jalur pemipaan dari sumur produksi hingga sampai ke *gathering station* terdiri dari berbagai macam belokan, elevasi, pembesaran maupun pengecilan pipa. Hal-hal tersebut dapat menyebabkan *pressure drop* terjadi pada saat fluida mengalir. Panjang ekuivalen merepresentasikan panjang yang setara untuk nilai *pressure drop* yang sama pada *fitting* dengan pipa lurus. Sehingga, seolah-olah pipa menjadi lebih panjang akibat adanya *fitting* ini namun bentuk dari pipa diasumsikan tetap lurus (Ghurri, 2015)

Pemilihan diameter juga harus diperhatikan agar dapat mengoptimalkan laju produksi. Diameter pipa yang lebih besar akan memudahkan fluida untuk mengalir sehingga akan memengaruhi *pressure drop*.

$$Le = K \times D \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

Le = Panjang ekuivalen, m

D = Diameter Pipa, m

K = Konstanta *elbow*

90° *elbow* K = 30

45° *elbow* K = 16

Tee *elbow* K = 20

d. Densitas fluida

Suatu fluida yang mempunyai densitas lebih besar tentu akan lebih berat dibanding dengan fluida yang densitasnya kecil. Sehingga untuk mengalirkannya diperlukan tekanan yang lebih tinggi dengan keadaan tersebut maka penurunan tekanan akan menjadi semakin besar dikarenakan digunakan untuk menggerakkan fluida tersebut.

## 2.5 Bilangan Reynold

Bilangan Reynold adalah rasio antara gaya inersia ( $\rho v^2$ ) terhadap gaya viskos ( $\mu/L$ ) yang menghitung hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan Reynold ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis-jenis aliran fluida yang berbeda. Bilangan Reynold merupakan salah satu bilangan yang tidak berdimensi yang sangat penting dalam mekanika fluida dan dapat digunakan seperti halnya dengan bilangan tidak berdimensi lainnya.

Untuk mengetahui *flowrate* terlebih dahulu menghitung luas penampang dengan menggunakan rumus:

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \dots\dots\dots (3)$$

Perhitungan *flowrate* yang mengalir pada pipa tersebut per satuan area pipa menggunakan rumus:

$$Q_2 = Q_1 \times \left(\frac{P_1}{P_2}\right) \times \left(\frac{T_2}{T_1}\right) \times Z \dots\dots\dots (4)$$

Sehingga,

$$V_S = \frac{Q_2}{A}$$

Dimana:

Q	= Laju alir gas, m <sup>3</sup> /s
P <sub>1</sub>	= Tekanan kepala sumur, atm
P <sub>2</sub>	= Tekanan pada saat Q, atm
T <sub>1</sub>	= Temperatur pada saat P <sub>1</sub> , K
T <sub>2</sub>	= Temperatur pada saat P <sub>2</sub> , K
Z	= Faktor kompresibilitas
A	= Luas Penampang, m
V <sub>s</sub>	= Kecepatan aliran gas, m/s

Sehingga nilai dari V<sub>s</sub> digunakan dalam menentukan jenis aliran gas di dalam pipa.

$$Re = \frac{\rho \times V_s \times D}{\mu} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

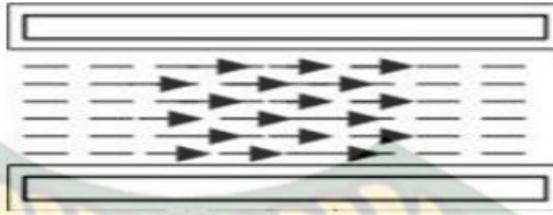
ρ	= Densitas, gr/cc
V <sub>s</sub>	= Kecepatan aliran gas, m/s
D	= Diameter Pipa, m
μ	= Viskositas gas, cp

Adapun jenis-jenis aliran fluida adalah sebagai berikut.

#### 1. Aliran Laminar

Aliran laminar adalah aliran fluida yang dapat bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan yang berbentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain. Hal tersebut ditunjukkan oleh percobaan Osborne Reynolds. Pada laju aliran rendah, aliran laminar tergambar sebagai filamen panjang yang mengalir sepanjang aliran. Aliran laminar tidak stabil pada kondisi pada

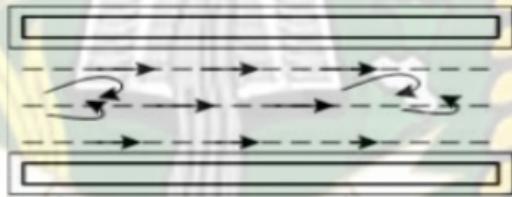
kondisi viskositas yang rendah, kecepatan yang tinggi, serta berubah menjadi aliran turbulen. Aliran ini memiliki Bilangan Reynolds lebih kecil dari 2300.



Gambar 2. 11 Aliran Laminar

## 2. Aliran Transisi

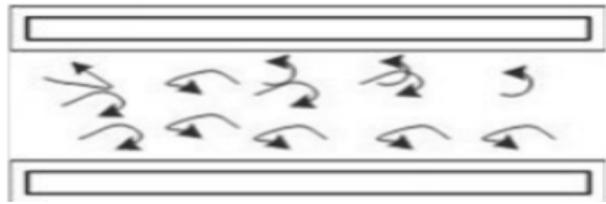
Aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen merupakan aliran transisi. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain menyangkut geometri aliran dimana nilai Bilangan Reynolds antara 2300 sampai dengan 4000 ( $2300 < Re < 4000$ ).



Gambar 2. 12. Aliran Transisi

## 3. Aliran *Turbulen*

Aliran *turbulen* adalah aliran fluida yang partikernya bergerak dalam lintasan-lintasan yang sangat tidak teratur dengan mengakibatkan pertukaran dari satu momentum bagian fluida ke bagian fluida lainnya. Akibat dari hal tersebut garis antara partikel fluidanya saling berpotongan aliran ini digambarkan sebagai bentuk yang tidak stabil yang bercampur dalam waktu yang begitu cepat yang selanjutnya memecah dan menjadi tidak terlihat. Aliran *turbulen* ini mempunyai bilangan yang lebih besar dari 4000.

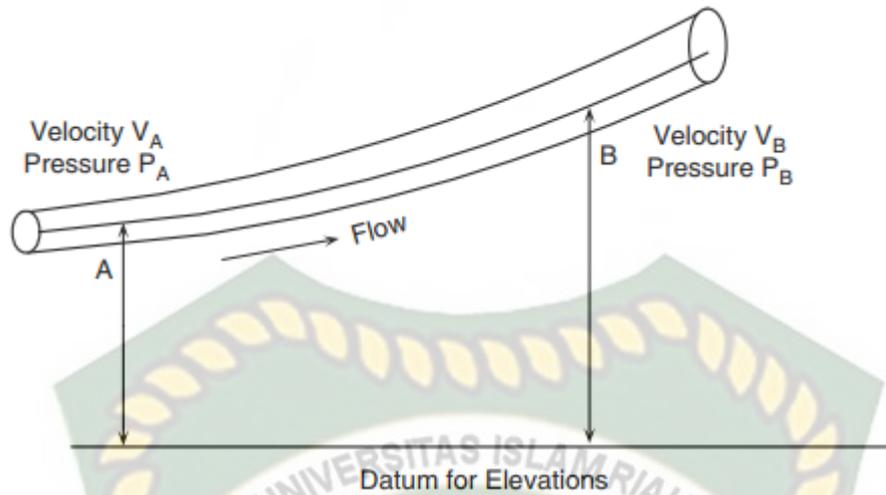


Gambar 2. 13. Aliran Turbulen

## 2.6 Persamaan Bernoulli

Persamaan Bernoulli adalah suatu persamaan yang digunakan untuk menjelaskan hubungan suatu aliran fluida yang melalui suatu penampang pipa. Prinsip dari persamaan ini menyatakan bahwa dengan terjadinya peningkatan kecepatan aliran fluida yang tinggi menjadikan tekanan fluida tersebut menjadi rendah begitu sebaliknya jika kecepatan aliran fluida rendah maka tekanannya menjadi tinggi (Abidin & Wagiani, 2015). Persamaan ini dapat menunjukkan hubungan antar sifat-sifat gas dengan diameter dan panjang pipa, laju aliran dan tekanan di sepanjang pipa. Dengan demikian, untuk ukuran dan panjang pipa tertentu, bisa memprediksikan laju aliran yang mungkin melalui pipa berdasarkan tekanan masuk dan tekanan keluar dari segmen pipa (Menon, 2005). Persamaan ini cocok digunakan pada aliran fluida yang laminar. Persamaan Bernoulli dapat diturunkan dengan mengasumsikan bahwa:

- a. Aliran fluida dapat diasumsikan tunak
- b. Tidak dapat dimampatkan
- c. Viskositas yang kecil sehingga dapat diabaikan
- d. Diterapkan hanya sepanjang garis-arus



Gambar 2. 14. Energi aliran fluida (Menon, 2005)

Didalam pipa yang berdiameter dan memiliki panjang tertentu dimana mengalir fluida dengan kecepatan tertentu maka tekanan fluida yang mengalir keluar dari pipa serta laju alirnya dapat dihitung. Perbedaan antara tekanan fluida yang masuk ke pipa dan keluar pipa disebabkan salah satunya yaitu gesekan fluida dengan permukaan pipa, panjang pipa, dan diameter pipa. Untuk menghitung perbedaan tekanan antara sisi masuk pipa dan sisi keluar sering menggunakan persamaan Bernoulli (Sonawan, 2010).

$$\frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} + h_1 = \frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + h_2 + f \frac{L}{D} \frac{V_b^2}{2g} \dots\dots\dots (6)$$

Perhitungan *pressure drop* pada pipa yang terjadi karena *friction factor* dan pada pipa lurus panjang tertentu.

$$P_a - P_b = \frac{f \times L \times \rho \times V^2}{2 D} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

- Pa-Pb = *pressure drop* akibat gesekan, N/m<sup>2</sup>
- f = *Friction factor*
- L = Panjang pipa, m
- V = Kecepatan aliran gas, m/s

D = Diameter Pipa, m  
 $\rho$  = Densitas, gr/cc



Dokumen ini adalah Arsip Miilik :

**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

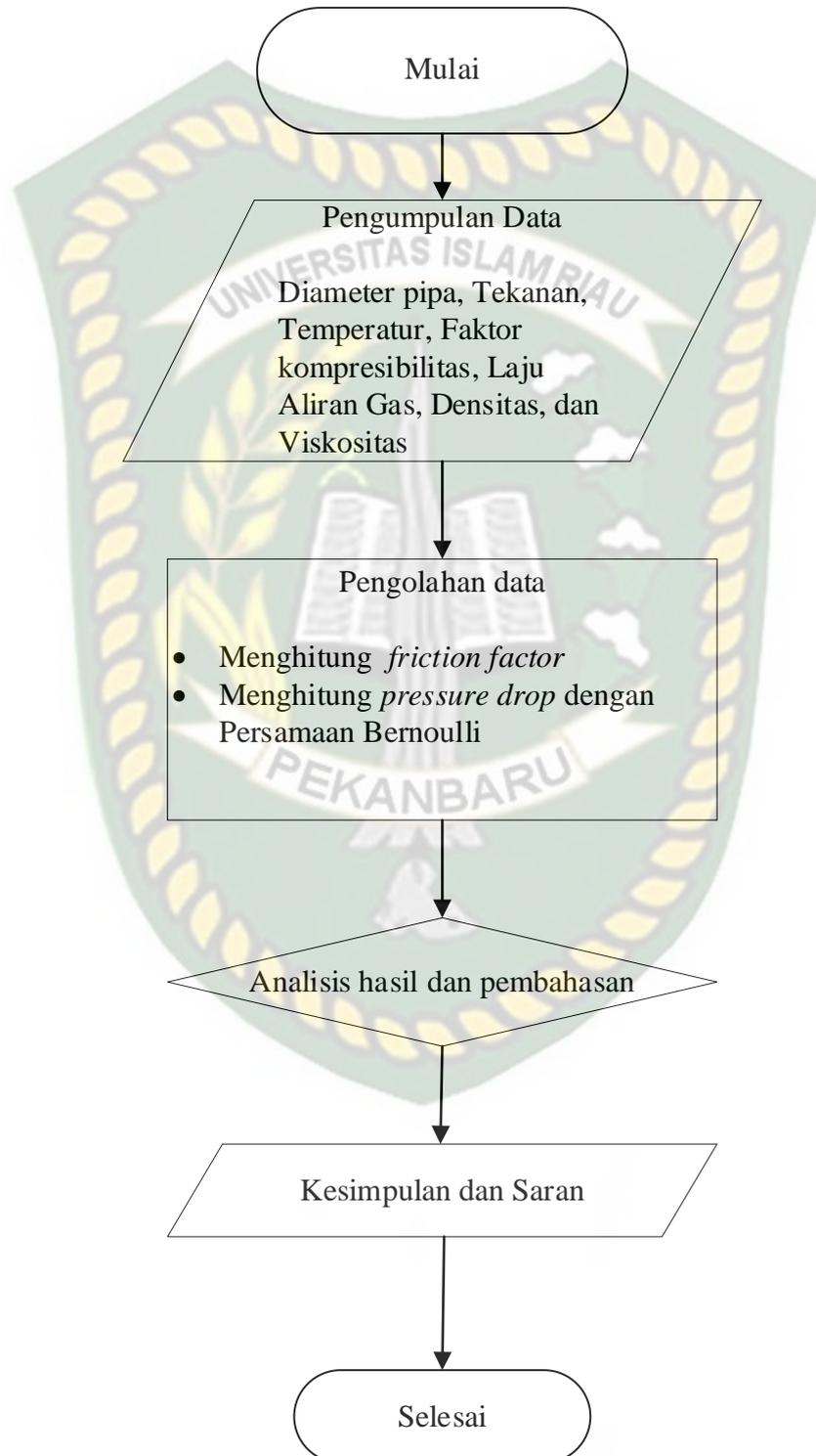
## BAB III METODELOGI PENELITIAN

### 3.1 Metodologi penelitian

Data yang digunakan merupakan data primer atau data yang di ambil langsung dari lapangan. Dalam penelitian ini menggunakan data-data yaitu data tekanan, suhu, laju alir gas, data densitas, data diameter pipa, dan jumlah *elbow*-nya. Pengolahan perhitungan dengan menggunakan *Microsoft Excel*, Adapun perhitungan dalam menentukan *pressure drop* yaitu:

1. Menghitung nilai *friction factor* dengan mempertimbangkan nilai luas penampang pipa, nilai kecepatan aliran gas dan nilai Bilangan Reynold. Selanjutnya dihitung dengan persamaan *friction* untuk aliran laminar
2. Menghitung *pressure drop* dengan persamaan Bernoulli menggunakan data-data seperti kecepatan aliran gas, panjang pipa, *friction factor*, dan diameter pipa.

### 3.2 Alur Penelitian (*Flow Chart*)



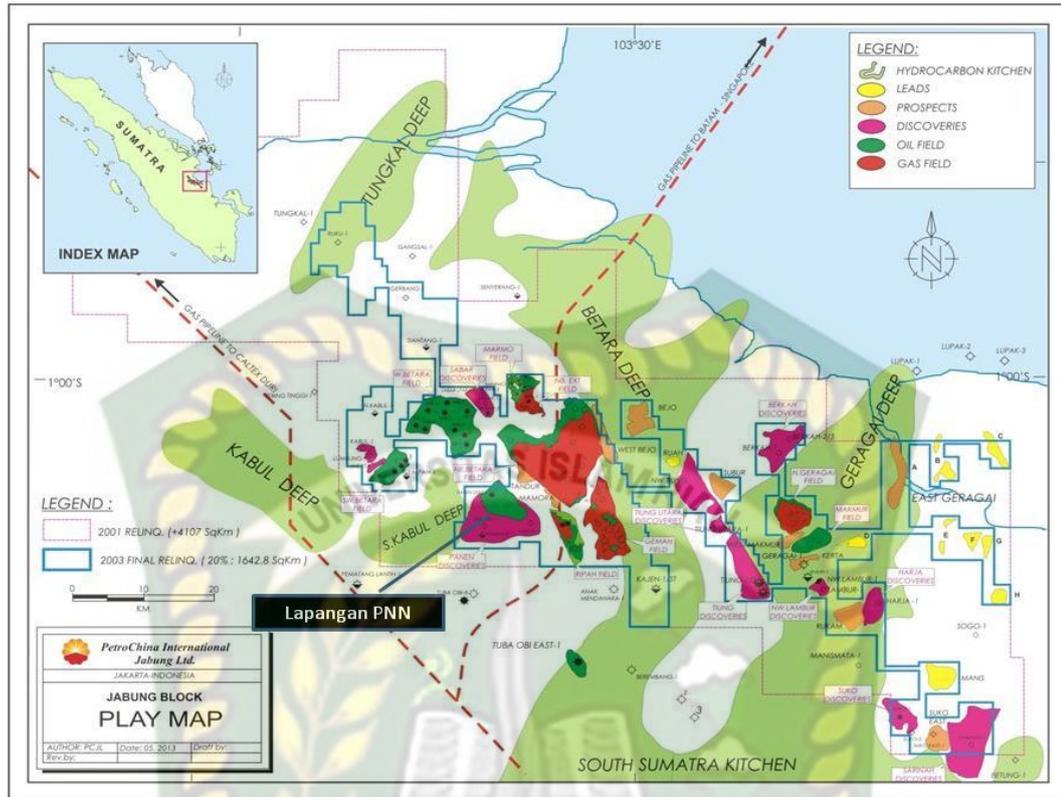
### 3.3 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PetroChina International Jabung Ltd di lokasi Blok Jabung Lapangan PNN.

### 3.4 Studi Lapangan

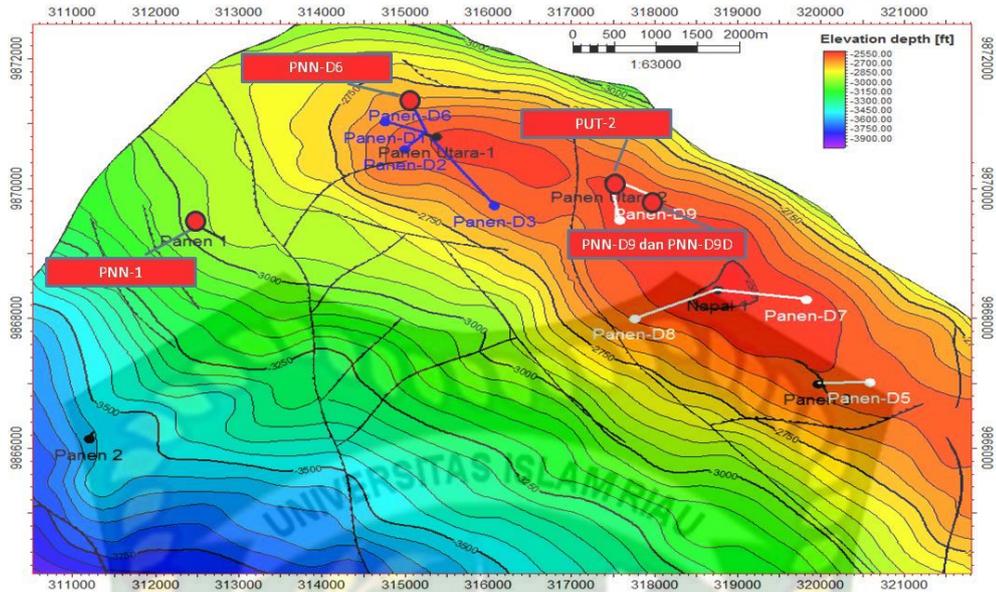
Lapangan PNN merupakan salah satu struktur baru pada Blok Jabung yang dioperasikan oleh PetroChina International Jabung Ltd yang terletak sekitar 60 km berarah Barat Laut (*North West*) dari Kota Jambi. Pada awalnya lapangan ini disebut sebagai struktur NPL atau West NPL oleh perusahaan TOTAL sejak tahun 1974 dengan sumur pertama yang dibor NPL-1 menghasilkan gas sebesar 2.2 MMSCFPD dari Formasi Intra-Gumai. Pada tahun 2002, PCJL telah mengambil alih wilayah kerja tersebut dan tahun 2006 PCJL telah memasukkan nama struktur PNN dalam laporan tahunan *prospect and lead* yang dikirimkan Pemerintah (dulu BPMIGAS dan DitJen MIGAS) dan memasukkan struktur NPL menjadi bagian dari struktur PNN.

PetroChina International Jabung Ltd (PCJL) telah melakukan pemboran pada Sumur PNN-1 tahun 2007 dengan hasil berupa gas 5.6 MMSCFPD dan kondensat 105 BCPD dari Formasi *Lower* Talang Akar. Pemboran selanjutnya pada Sumur PNN-2 tahun 2008 dengan hasil berupa air dari Formasi Baturaja dan Formasi Intra-Gumai. Kemudian tahun 2010 dilakukan pemboran Sumur PUT-1 (*status put on production* yang secara resmi telah berproduksi minyak pada bulan Mei 2013.) dengan hasil berupa minyak, gas dan kondensat sebesar 2,974 BOPD, 5.87 MMSCFPD, dan 9.6 BCPD dari Formasi *Lower* Talang Akar serta Intra-Gumai. Pada tahun 2015 Sumur PNN-3 dan PUT-2 berturut-turut dibor dan hasil uji kandung lapisan menunjukkan bahwa kedua sumur tersebut mampu mengalirkan 1,849 BOPD dan 1.63 MMSCFPD dari Formasi Intra-Gumai Sumur PNN-3 serta 1,068 BOPD, 14 MMSCFPD, dan 287 BCPD dari Formasi *Lower* Talang Akar dan Intra-Gumai Sumur PUT-2.



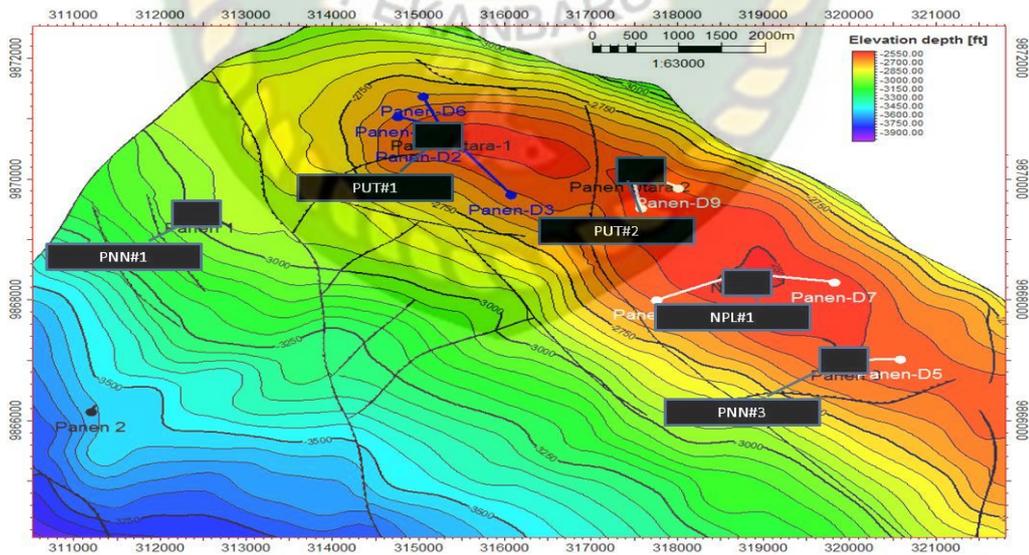
Gambar 3. 1. Lapangan PNN di Blok Jabung

Lapangan PNN memiliki cadangan minyak dan gas. Dimana pada awal pengembangannya, lapangan PNN ini mulai memproduksi minyak pada bulan Juni 2013 melalui sumur PUT-1 dan selanjutnya minyak yang diproduksi diangkut dengan menggunakan Truk Tanki ke stasiun pengumpul terdekat (GMH Station) yang berjarak 25 KM. Dan kemudian setelah selesainya jaringan pipa produksi minyak dan gas dari sumur-sumur PNN yang terdiri dari beberapa *Well Pad* dan terhubung ke sentral sistem produksi GMH Station, maka kemudian mulai diproduksi gas dari sumur-sumur PNN-1, PNN-D6, PUT-2, PNN-D9 dan PNN-D9D.

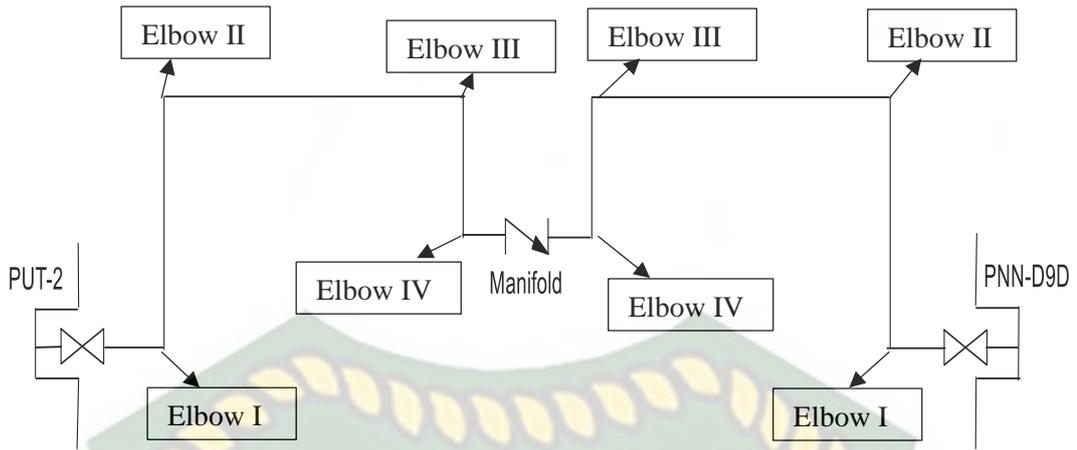


Gambar 3. 2. Lokasi Sumur-sumur gas di lapangan PNN-Blok Jabung

Sebagaimana disampaikan di atas, Lapangan PNN ini terdiri dari beberapa *Well Pad* yaitu PNN#1, PUT#1, PUT#2, NPL#1, dan PNN#3. Sementara untuk sumur-sumur yang memproduksi gas hanya dari *Well Pad* PNN#1 sebanyak 1 sumur (PNN-1), PUT#1 sebanyak 1 sumur (PNN-D6) dan PUT#2 sebanyak 2 sumur tapi 3 *Well String* (PUT-2, PNN-D9 dan PNN-D9D).



Gambar 3. 3. *Well pad* Lapangan PNN Blok Jabung



Gambar 3. 4. Skema sumur PUT-2 dan PNN-D9D

Pada *Well Pad* PUT#2 terdapat 2 sumur gas yang memiliki aliran laminar yaitu sumur PUT-2 dan PNN-D9D. Fluida yang mengalir dari kedua sumur ini menuju ke manifold melalui pipa dengan ukuran 3 in dan melewati 4 (buah) *elbow* 90°. Panjang pipa dari masing-masing sumur menuju ke *manifold* sebesar 217 m dan 227 m. Adapun material pipa yang digunakan dari kedua *flowline* tersebut adalah *Carbon Steel Schedule 40*. Setelah dari *manifold* fluida menuju ke separator untuk dipisahkan gas dan *liquid* untuk selanjutnya dialirkan menuju *tie-in point* sejauh 25 KM. perhitungan *pressure drop* hanya dilakukan di *flowline* dari sumur menuju ke *manifold*.

### 3.5 Jadwal Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Oktober sampai Desember 2020

Tabel 3. 1. Jadwal Penelitian

Kegiatan	2020											
	Oktober				November				Desember			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur												
Pengumpulan dan Perolehan Data												
Pengolahan Data												
Analisis Data												

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

#### 4.1 Hasil Perhitungan

##### 4.1.1 Menghitung Panjang Ekuivalen Pipa

Pada sumur PUT-2 dan PNN-D9D diketahui diameter pipa sebesar 3 inch atau 0,0762 m dengan *elbow* yang terpasang pada *flowline* kedua sumur masing-masing terdapat 4 (empat) buah *elbow* dengan ukuran 90°. Berdasarkan data lapangan panjang pipa dari masing-masing sumur adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1. Panjang Pipa

Skema pipa	PUT-2	PNN-D9D
Kepala sumur- <i>elbow</i> I	2 m	2 m
<i>Elbow</i> I- <i>elbow</i> II	80 m	90 m
<i>Elbow</i> II- <i>elbow</i> III	120 m	120 m
<i>Elbow</i> III- <i>elbow</i> IV	15 m	15 m
Total	217 m	227 m

Untuk perhitungan *elbow* pada pipa diekivalenkan dengan menggunakan persamaan (2) yaitu:

- a. *Elbow* 90°

Dengan konstanta *elbow* 90°  $K=30$  maka:

$$\begin{aligned}L &= K \times D \\ &= 30 \times 0,0762 \text{ m} \\ &= 2,286 \text{ m}\end{aligned}$$

Total ada 4 (empat) buah *elbow* dari masing-masing sumur sehingga,

$$4 \text{ buah } elbow = 4 \times 2,286 \text{ m} = 9,144 \text{ m}$$

Sehingga total panjang *flowline* PUT-2 dan PNN-D9D yaitu:

- PUT-2 = 217 m + 9,144 m = 226,14 m
- PNN-D9D = 227 m + 9,144 m = 236,14 m

#### 4.1.2 Menghitung Kecepatan Aliran Gas pada Pipa

Data-data yang digunakan untuk menghitung kecepatan laju aliran gas ada pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.2. Data Sumur PUT-2

Parameter	Data Lapangan	Data Konversi
Diameter pipa (D)	3 inch	0,0762 m
Tekanan kepala sumur ( $P_1$ )	960 psi	65,28 atm
Tekanan pada saat Q2 ( $P_2$ )	850 psi	57,8 atm
Temperatur pada saat $P_1$ ( $T_1$ )	151 F	339,1 K
Temperatur pada saat $P_2$ ( $T_2$ )	145 F	335,8 K
Laju Aliran gas ( $Q_1$ )	3.720.000 cuft/d	1,22 m <sup>3</sup> /s
Densitas	0,1166 gr/cc	
Viskositas	0,014 cP	

Tabel 4.3 Data Sumur PNN-D9D

Parameter	Data Lapangan	Data konversi
Diameter pipa (D)	3 inch	0,0762 m
Tekanan kepala sumur ( $P_1$ )	980 psi	66,64 atm
Tekanan pada saat Q2 ( $P_2$ )	850 psi	57,8 atm
Temperatur pada saat $P_1$ ( $T_1$ )	107 F	314,7 K
Temperatur pada saat $P_2$ ( $T_2$ )	145 F	335,8 K
Laju Aliran gas ( $Q_1$ )	860.000 cuft/d	0,29 m <sup>3</sup> /s
Densitas	0,0986 gr/cc	
Viskositas	0,011 cP	

Perhitungan kecepatan gas yang mengalir pada pipa harus terlebih dahulu mengetahui luas penampang pipa dengan persamaan (3) yaitu:

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

D = diameter pipa

- Luas penampang pipa sumur PUT-2 dan PNN-D9D

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,0762^2$$

$$A = 0,004558 \text{ m}^2$$

- Menghitung faktor Kompresibilitas gas (Z)

$$Z = \frac{P}{\rho RT}$$

- Untuk sumur PUT-2

$$Z = \frac{65,8}{0,2266 \times 8,314472 \times 339,1}$$

$$Z = 0,19$$

- Untuk sumur PNN-D9D

$$Z = \frac{66,64}{0,0986 \times 8,314472 \times 314,7}$$

$$Z = 0,26$$

Selanjutnya perhitungan kecepatan aliran gas pada pipa menggunakan persamaan (4) yaitu sebagai berikut:

$$Q_2 = Q_1 \times \left(\frac{P_1}{P_2}\right) \times \left(\frac{T_2}{T_1}\right) \times Z$$

Sehingga

$$V_s = \frac{Q_2}{A}$$

Q = Laju alir gas, m<sup>3</sup>/s

P<sub>1</sub> = Tekanan kepala sumur, atm

P<sub>2</sub> = Tekanan pada saat Q<sub>2</sub>, atm

$T_1$  = Temperatur pada saat  $P_1$  atm, K

$T_2$  = Temperatur pada saat  $P_2$ , K

$Z$  = Faktor kompresibilitas

$A$  = Luas Penampang,  $m^2$

$V_s$  = Kecepatan aliran gas, m/s

- Menghitung kecepatan aliran gas sumur PUT-2

$$Q_2 = 1,22 \times \left(\frac{65,28}{57,8}\right) \times \left(\frac{335,8}{339,1}\right) \times 0,19$$

$$Q_2 = 0,272 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sehingga:

$$V_s = \frac{0,272}{0,004558}$$

$$V_s = 59,805 \text{ m/s}$$

- Menghitung kecepatan aliran gas sumur PNN-D9D

$$Q_2 = 0,29 \times \left(\frac{66,64}{57,8}\right) \times \left(\frac{335,8}{314,7}\right) \times 0,26$$

$$Q_2 = 0,0901 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sehingga:

$$V_s = \frac{0,0901}{0,004558}$$

$$V_s = 19,788 \text{ m/s}$$

#### 4.1.3 Menghitung Bilangan Reynold (Re)

Bilangan Reynold digunakan untuk mengetahui sifat aliran dengan persamaan

(5) yaitu sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho \times V_s \times D}{\mu}$$

$\rho$  = Densitas, gr/cc

$V_s$  = Kecepatan aliran gas, m/s

$D$  = Diameter Pipa, m

$\mu$  = Viskositas gas, cp

- Menghitung Bilangan Reynold (Re) sumur PUT-2

$$Re = \frac{0,1166 \times 59,805 \times 0,0762}{0,014}$$

$$Re = 37,95$$

- Menghitung Bilangan Reynold (re) sumur PNN-D9D

$$Re = \frac{0,0986 \times 19,788 \times 0,0762}{0,011}$$

$$Re = 13,516$$

#### 4.1.4 Menghitung Nilai *friction factor* (f)

Nilai *friction factor* untuk aliran gas yang laminar dapat menggunakan persamaan (1) yaitu sebagai berikut:

$$f = \frac{64}{Re}$$

- Menghitung *friction factor* (f) sumur PUT-2

$$f = \frac{64}{37,95}$$

$$f = 1,68$$

- Menghitung *friction factor* (f) sumur PNN-D9D

$$f = \frac{64}{13,516}$$

$$f = 4,73$$

#### 4.1.5 Menghitung *Pressure Drop* dengan Persamaan Bernoulli

Perhitungan *pressure drop* dengan persamaan Bernoulli dihitung pada pipa yang terjadi karena *friction* dan hanya pada pipa lurus dengan panjang tertentu menggunakan persamaan (7) yaitu sebagai berikut:

$$Pa - Pb = \frac{f \times L \times \rho \times V^2}{2 D}$$

Pa-Pb = *Pressure drop* akibat gesekan, N/m<sup>2</sup>

- $f$  = Friction factor  
 $L$  = Panjang pipa, m  
 $V$  = Kecepatan aliran gas, m/s  
 $D$  = Diameter Pipa, m  
 $\rho$  = Densitas, gr/cc

- Menghitung *pressure drop* sumur PUT-2

$$P_a - P_b = \frac{1,68 \times 226 \times 0,1166 \times 59,805^2}{2 \times 0,0762}$$

$$P_a - P_b = 1042847.8 \text{ N/m}^2$$

$$P_a - P_b = 151.25 \text{ Psi}$$

- Menghitung *pressure drop* sumur PNN-D9D

$$P_a - P_b = \frac{4,73 \times 236 \times 0,0986 \times 19,788^2}{2 \times 0,0762}$$

$$P_a - P_b = 283112.1678 \text{ N/m}^2$$

$$P_a - P_b = 41.06 \text{ Psi}$$

## 4.2 Pembahasan

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan

Parameter hasil Perhitungan	Sumur PUT-2	Sumur PNN-D9D
Total panjang pipa	226,14 m	236,16 m
Luas penampang pipa	0.004558	0.004558
Kecepatan aliran gas	59,805 m/s	19,788 m/s
Faktor kompresibilitas	0,19	0,26
<i>Friction factor</i>	1,68	4,73
<i>Pressure drop</i>	151,25 Psi	41,06 Psi

### A. Sumur PUT-2

Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan, didapatkan hasil dari sumur PUT-2 yaitu untuk kecepatan aliran gas pada pipa sebesar 59,8 m/s, bilangan Reynold sebesar 37,95, nilai *friction factor* sebesar 1,68 dan *pressure drop* sebesar 151,25 Psi.

Bilangan Reynold yang didapatkan menunjukkan bahwa jenis aliran pada pipa yaitu aliran laminar. Hal ini dibuktikan dengan nilai bilangan Reynold yang didapatkan lebih kecil daripada 2300. Sehingga persamaan Bernoulli dapat digunakan untuk menghitung *pressure drop* pada aliran laminar. Pada aliran laminar, nilai *friction factor* hanya bergantung pada nilai Bilangan Reynold. Bilangan Reynold berbanding terbalik dengan nilai *friction factor*. Dimana semakin besar nilai Bilangan Reynold maka semakin kecil nilai *friction factor* (zahara Nuryanti, Asmadi, & Candra, 2019). Adapun Bilangan Reynold ini dipengaruhi oleh kecepatan aliran gas, densitas, viskositas dan diameter pipa.

Kecepatan aliran gas dipengaruhi oleh laju alir gas yang mengalir dari *wellhead* menuju separator. Laju alir gas yang terbaca pada separator dipengaruhi oleh tekanan, temperatur dan faktor kompresibilitas gas. *Pressure drop* berbanding lurus dengan kecepatan aliran gas, karena kecepatan aliran gas sangat dominan mempengaruhi *pressure drop*. Dimana semakin besar kecepatan aliran gas maka semakin besar juga *pressure drop* yang terjadi. Hal ini disebabkan dalam persamaan Bernoulli, nilai kecepatan aliran gas dikuadratkan. Selain kecepatan aliran gas, *pressure drop* juga dipengaruhi oleh *friction factor*, panjang pipa, densitas gas dan diameter pipa walaupun pengaruhnya tidak sebesar kecepatan aliran gas. *Friction factor* dapat menghambat laju alir gas karena gas mengalami gesekan dengan dinding pipa walaupun *pressure drop* yang disebabkan karena *friction factor* pengaruhnya tidak besar. Nilai densitas gas yang kecil, juga tidak terlalu berpengaruh terhadap perhitungan *pressure drop*. Untuk diameter pipa yang berbanding terbalik terhadap *pressure drop* akan menyebabkan *pressure drop* semakin kecil ketika diameter pipa dibesarkan. Penentuan kecepatan aliran gas harus memperhatikan panjang pipa dan diameter pipa guna mengurangi *production loss* sehingga diharapkan gas yang mengalir pada *flowline* sampai ke separator

jumlahnya tidak berkurang signifikan dari laju alir gas di *wellhead*. Laju alir gas pada penelitian ini menggunakan laju alir gas yang diukur langsung pada *wellhead* sehingga jika terjadi *pressure drop* nilai laju alir gas yang terukur pada separator akan berbeda dengan nilai laju alir gas yang terukur pada *wellhead*.

Pada sumur PUT-2 terjadi permasalahan produksi. Dimana tekanan separator sebagai wadah yang akan menerima gas dari sumur/*wellhead* adalah sebesar 850 psi (57,8 atm), sementara dari hasil perhitungan *pressure drop* sebesar 151,25 psi dan dengan tekanan kepala sumur sebesar 960 psi seharusnya tekanan di separator adalah sebesar 809 psi. Tekanan separator ini besarnya sudah ditentukan (*setting manually*) dengan mempertimbangkan tekanan di fasilitas berikutnya, sehingga tidak bisa diturunkan karena akan berdampak pada proses produksi selanjutnya. *Back pressure* akan menghambat laju aliran gas sehingga gas yang mengalir sampai ke separator tidak sesuai dengan yang di harapkan atau bahkan secara ekstrim bisa menyebabkan gas tertahan atau berkumpul didalam *flowline* tidak mengalir ke separator. Hal ini biasanya terindikasi naiknya tekanan di kepala sumur (*ubnormal condition*).

#### B. Sumur PNN-D9D

Berdasarkan hasil perhitungan pada sumur PNN-D9D didapatkan nilai dari kecepatan aliran gas sebesar 19,78 m/s, Bilangan Reynold sebesar 13,516, nilai *friction factor* sebesar 4,7 dan nilai *pressure drop* sebesar 41,06 Psi. Bentuk aliran gas pada Sumur PNN-D9D juga memiliki bentuk aliran yang laminar berdasarkan pada hasil perhitungan Bilangan Reynold yang didapatkan lebih kecil dari pada 2300. Sehingga persamaan Bernoulli dapat digunakan untuk menghitung *pressure drop* pada aliran laminar. Pada aliran laminar, nilai *friction factor* hanya bergantung pada nilai Bilangan Reynold. Bilangan Reynold berbanding terbalik dengan nilai *friction factor*. Dimana semakin besar nilai Bilangan Reynold maka semakin kecil nilai *friction factor* begitu juga sebaliknya. Adapun Bilangan Reynold ini dipengaruhi oleh kecepatan aliran gas, densitas, viskositas dan diameter pipa. Bilangan Reynold berbanding lurus terhadap kecepatan aliran gas sebagaimana dijelaskan pada bagian sumur PUT-2 di atas.

Kecepatan aliran gas dipengaruhi oleh laju alir gas yang mengalir dari *wellhead* menuju separator. Laju alir gas yang terbaca pada separator dipengaruhi oleh tekanan, temperatur dan faktor kompresibilitas gas. *Pressure drop* berbanding lurus dengan kecepatan aliran gas, yang secara dominan mempengaruhi *pressure drop*. Dimana semakin besar kecepatan aliran gas maka semakin besar juga *pressure drop* yang terjadi. Selain kecepatan aliran gas, *pressure drop* juga dipengaruhi oleh *friction factor*, panjang pipa, densitas gas dan diameter pipa walaupun pengaruhnya tidak sebesar kecepatan aliran gas. *Friction factor* dapat menghambat laju alir gas karena gas mengalami gesekan dengan dinding pipa walaupun *pressure drop* yang disebabkan karena *friction factor* pengaruhnya tidak besar. Kecepatan aliran gas yang lambat akan memperbesar *friction factor* yang terjadi pada *flowline*. Dimana semakin lambat kecepatan aliran gas maka semakin besar *friction factor* yang terjadi, begitu juga sebaliknya. Nilai densitas gas yang kecil, juga tidak terlalu berpengaruh terhadap perhitungan *pressure drop*. Penentuan kecepatan aliran gas harus memperhatikan panjang pipa dan diameter pipa supaya gas yang mengalir pada pipa dapat mengalir ke separator secara optimal. Laju alir gas pada penelitian ini menggunakan laju alir gas yang diukur langsung pada *wellhead* Sehingga jika terjadi *pressure drop* nilai laju alir gas yang terukur pada separator akan berbeda dengan nilai laju alir gas yang terukur pada *wellhead*.

Pada sumur PNN-D9D juga lebih dominan pengaruh kecepatan aliran gas terhadap nilai *pressure drop* dibandingkan faktor-faktor lainnya. Walaupun terjadi *pressure drop* pada sumur ini, namun gas masih bisa mengalir secara optimal dari *wellhead* sampai ke separator karena tekanan di separator masih jauh lebih kecil dari *pressure drop* yang terjadi.

Pada sumur PNN-D9D tidak terjadi permasalahan produksi seperti sumur PUT-2. Dimana tekanan separator sebagai wadah yang akan menerima gas dari sumur/*wellhead* adalah sebesar 850 psi (57,8 atm), sementara dari hasil perhitungan *pressure drop* sebesar 41 psi dan dengan tekanan kepala sumur sebesar 980 psi seharusnya tekanan di separator adalah sebesar 939 psi. Sehingga dengan kondisi ini gas dapat mengalir dengan leluasa disebabkan tekanan separator yang masih jauh di bawah tekanan dari hasil perhitungan tekanan kepala sumur dikurangi *pressure drop*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai *friction factor* (faktor gesekan) yang terjadi pada sumur PUT-2 dan PNN-D9D masing-masing sebesar 1,68 dan 4,73. *Friction factor* dipengaruhi oleh kecepatan aliran gas dan bilangan Reynold. Namun dalam kasus penelitian ini, *friction factor* tidak terlalu berpengaruh terhadap *pressure drop*. Jenis aliran pada sumur PUT-2 dan PNN-D9D merupakan aliran laminar. Dimana Bilangan Reynold dari kedua sumur ini adalah dibawah 2300.
2. *Pressure drop* yang terjadi pada sumur PUT-2 adalah sebesar 151,25 Psi dan sumur PNN-D9D adalah sebesar 41,06 Psi. *Pressure Drop* berbanding lurus dengan kecepatan aliran gas. Semakin cepat kecepatan aliran gas maka semakin tinggi penurunan tekanannya (*pressure drop*). Karena kecepatan aliran gas sangat dominan pengaruhnya terhadap *pressure drop*. Selain kecepatan aliran gas, *pressure drop* dipengaruhi oleh *friction factor*, panjang pipa dan diameter pipa.
3. Pada sumur PUT-2 terjadi permasalahan produksi disebabkan karena tekanan di separator lebih besar nilainya dibanding tekanan yang didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan *pressure drop*. Sehingga hal ini menyebabkan terjadinya *back pressure*. *Back pressure* akan menghambat laju aliran gas sehingga gas yang mengalir sampai ke separator menjadi tidak sesuai dengan yang di harapkan. Sedangkan *pressure drop* pada sumur PNN-D9D tidak begitu besar pengaruhnya terhadap laju alir gas karena tekanan di separator lebih kecil nilainya dibanding tekanan yang didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan *pressure drop*. Sehingga gas dapat mengalir dengan leluasa ke separator.

## 5.2. Saran

Adapun saran yang diberikan peneliti yaitu:

Penelitian selanjutnya melakukan penelitian tentang evaluasi pekerjaan *pigging* dalam menanggulangi *pressure drop* dan menganalisis *pressure drop* dengan menggunakan *software* HSIS



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, K., & Wagiani, S. (2015). Studi analisis perbandingan kecepatan aliran air melalui pipa venturi dengan perbedaan diameter pipa. *Jurnal Dinamika*, 62-78, 4(1).
- Al-Sarkhi, Abdelsalam, and Cem Sarica. (2010). "Power-Law Correlation for Two-Phase Pressure Drop of Gas/Liquid Flows in Horizontal Pipelines." *SPE Projects, Facilities and Construction*, 176-182 5(4).
- Baghaei, Pouria, and Rajinder Pal. (2014). "Effect of Bubbles and Additives on Friction Factor in Pipeline Flow." *The Canadian Journal of Chemical Engineering* 92(3): 543–52. <https://doi.org/10.1002/cjce.21858>.
- Bilgesu, H. I., & Koperna Jr, G. J. (1995). The impact of friction factor on the pressure loss prediction in gas pipelines. *SPE Eastern Regional Meeting*. Society of Petroleum Engineers.
- Chen, Xingya et al. (2019). "Characteristics of Frictional Pressure Drop of Two-Phase Nitrogen Flow in Horizontal Smooth Mini Channels in Diabatic/Adiabatic Conditions." *Applied Thermal Engineering* 162(January): 114312. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114312>.
- Da Silva, M. (2020). *Impedance Sensors for Fast Multiphase Flow Measurement and Imaging*. Technische Universität Dresden
- Fadhli, F., & Madjid, S. (2017). Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Belokan Pipa (Elbow) Terhadap Kecepatan Aliran Fluida Dan Kerugian Tekanan. *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 12(01), 1717–1721.
- Geankopolis, C.J. (1997). *Transport Process and Unit Operation*. 3<sup>rd</sup> Edition. New Delhi: Prentice-Hall of India
- Ghurri, A. (2015). *Aliran Fluida Internal dan Eksternal Aliran Fluida Internal dan Eksternal*. Bali:Teknik Mesin Udayana.
- Jalaluddin, J., et al. (2019). Analisa Profil Aliran Fluida Cair Dan Pressure Drop Pada Pipa L Menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (Cfd). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 97–108.
- Jiang, Yuye, and Peng Zhang. (2013). "Pressure Drop and Flow Pattern of Slush Nitrogen in a Horizontal Pipe." *AIChE Journal* 59(5): 1762–73. <https://doi.org/10.1002/aic.13927>.

- Karami, H R, and D Mowla. (2012). "Investigation of the Effects of Various Parameters on Pressure Drop Reduction in Crude Oil Pipelines by Drag Reducing Agents." *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics* 177–178: 37–45.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377025712000687>.
- Kegang, et al. (2012). "A New Approach to Calculate Pressure Drop for Three-Phase Flow in Pipe." *SPE International Production and Operations Conference & Exhibition*: 10. <https://doi.org/10.2118/151537-MS>.
- Li, Ming-zhi, et al. (2018). "Pressure Drop Model of High-Concentration Graded Particle Transport in Pipelines." *Ocean Engineering* 163: 630–40.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002980181831031X>.Ling,
- Menon, E. S. (2005). *Gas pipeline hydraulics*. Francis:Crc Press.
- Miyarthaluna, et al. (2018). "Analisis Pressure Drop Pada Jaringan Pipa Pelanggan Biogas Di TPA Supiturang Kota Malang." *ITS:Jurnal Teknik ITS* 7(1).
- Negara, W. P. (2011). Perbandingan Analisis Pressure Drop Pada Pipa Lengkung 900 standar Ansi B36. 10 Dengan Cosmosfloworks 2007. Universitas Gunadarma:Skripsi Program Studi Teknik Mesin.
- RAHMAN, MOCHAMMAD REZA. (2015). "Perencanaan Modifikasi Pipa Penyalur Minyak Dengan Adanya Penambahan Platform Produksi.". Seminar Nasional Cendekiawan
- Sonawan, H. (2010). Aplikasi excell 2007 Dalam Bidang Teknik Mesin. *Elex Media Coumputindo, Jakarta*.
- Stewart, M. (2015). *Surface Production Operations: Volume III: Facility Piping and Pipeline Systems*. Gulf Professional Publishing.
- Subagyo, R. (2011). Analisis Faktor Gesekan Pada Pipa Lurus Dengan Variasi Debit Aliran. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 237–242.
- Sugiri, P. L. (2017). Analisis Gaya Apung (Buoyancy) pada Sistem Perpipaan Gas di Area Flowline dan Trunkline. *Jurnal Geomine*, 4(3).
- Syarif, J. (2019). Penentuan persamaan faktor gesekan baru dengan menggunakan metode regresi multi variable bertolak ukur pada persamaan faktor gesekan chen. *Jurnal Polimesin*, 2(1), 85–94.
- U, Ikuko Chi. (1984). "*Natural\_Gas\_Production\_Engineering*."The Pennsylvania State University.

zahara Nuryanti, S., Asmadi, A., & Candra, R. (2019). Pengaruh Jenis Lapisan Permukaan Pipa Terhadap Koefisien Gesek. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 5(2), 181–194.

Zuo, Lili et al. (2015). “Value Setting for the Rate of Pressure Drop of Automatic Line-Break Control Valves in Natural Gas Pipelines.” *Journal of Natural Gas Science and Engineering* 26: 803–9.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875510015300263>

