

**STUDI OPTIMASI *PIGGING* DENGAN JENIS FOAM *PIG* TERHADAP
LAJU ALIR PENYAPUAN MENGGUNAKAN *OLGA SIMULATION***

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Penyusunan Tugas Akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

ADRICO FAUZAN

NPM 153210025



Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Judul tugas akhir ini disusun oleh

Nama : Adrico Fauzan
Npm : 153210025
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Proposal : Studi Optimasi *Pigging* Dengan Jenis Foam *Pig*
Terhadap Laju Alir Penyapuan Menggunakan
Olga Simulation

**Telah Berhasil Dipertahankan Di Hadapan Dewan Penguji Dan Diterima
Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam
Riau**

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Novrianti, S.T., M.T. (.....)

Penguji 1 : Dike Fitriansyah Putra, S.T., M.Sc., M. BA. (.....)

Penguji 2 : Idham Khalid, S.T., M.T. (.....)

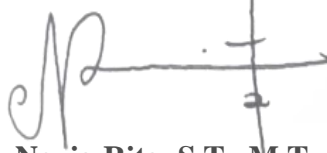
Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 29 Desember 2021

Disahkan Oleh

KETUA PROGRAM STUDI

TEKNIK PERMINYAKAN



Novia Rita, S.T., M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan Ini Saya Menyatakan Bahwa Dengan Tugas Akhir Ini Merupakan Karya Saya Sendiri Dan Semua Sumber Yang Tercantum Di Dalamnya Baik Yang Di Kutip Maupun Yang Di Rujuk Telah Saya Nyatakan Dengan Benar Sesuai Ketentuan. Jika Terdapat Unsur Penipuan Atau Pemalsuan Data Maka Saya Bersedia Di Cabut Gelar Yang Telah Saya Peroleh

Pekanbaru, 29 Desember 2021



Adrico Fauzan

153210025



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 dan pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan Terimakasih Kepada

1. Ibu Novrianti, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir saya, yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. H. Ali Musnal, M.T., selaku Penasehat Akademik saya, dan seluruh dosen-dosen Teknik Perminyakan yang telah banyak membantu terkait perkuliahan dan ilmu pengetahuan.
3. Kedua Orang tua saya, Ayah Yance dan Ibu Nenggusti Fauziah, yang telah sudi memberikan biaya pendidikan kepada saya, memberikan motivasi, dan juga dukungn berupa doa, moril, materi maupun finansial hingga saat ini.
4. PT. Bumi Siak Pusaka Pertamina Hulu yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data dan bimbingan untuk tugas akhir saya.

Teriring doa, semoga Allah melindungi dan membalas kebaikan semua pihak yang sudah membantu saya. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi kita dan menjadi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 29 Desember 2021



Adrico Fauzan

**Studi Optimasi *Pigging* Dengan Jenis Foam Pig Terhadap Laju Alir
Penyapuan Menggunakan *Olga Simulation***

Adrico Fauzan

153210025

ABSTRAK

Salah satu permasalahan yang sering terjadi dalam industri minyak dan gas adalah jaringan perpipaan. Terdapat beberapa hal yang menyebabkan terjadinya hambatan pada saat pipa tersebut mengalirkan fluida seperti *scale*, korosi, dan kebocoran pipa. Masalah tersebut dapat menyebabkan mengecilnya ukuran diameter dalam pipa serta mengurangi ketebalan dan masa pakai pipa. Terdapat beberapa solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satunya *pigging*. Lapangan A merupakan lapangan yang cenderung mengalami permasalahan pada *flowline* dari GS Pusaka menuju ke GS Zamrud. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka akan dilakukan desain *pigging* dengan bantuan olga simulator. Pada penelitian ini digunakan berbagai variasi tekanan pada fluida yang mendorong *foam pig*, yaitu 40 psi, 75 psi, dan 85 psi. Tekanan ini berpengaruh terhadap kecepatan *foam pig* dan jarak tempuh *foam pig* terhadap waktu untuk mengetahui pengaruh tekanan terhadap laju penyapuan *foam pig*. Berdasarkan hasil olga simulator, yang mempengaruhi laju penyapuan terhadap pekerjaan *pigging* yaitu *pressure*. Berdasarkan hasil olga simulator terlihat bahwa penurunan laju *pig* sangat dipengaruhi oleh tekanan. Dari hasil *output* olga simulator diperoleh hasil bahwa perubahan tekanan berpengaruh terhadap laju alir penyapuan dimana semakin tinggi tekanan yang digunakan maka dapat dianalisis bahwa adanya hambatan yang menghalangi *pig* yang mengakibatkan laju *pig* menurun. Tekanan *pigging* yang paling optimal diperoleh pada 75 psi dengan kecepatan rata-rata *pig* sebesar 0.0330 m/s dan hambatan yang membuat laju *pig* menurun terjadi sebanyak empat kali. Pada variasi 85 psi, *pressure* yang diderita oleh *pig* 165.8 psi yang mengakibatkan *pig* pecah.

Kata Kunci : *Pigging, Pig, Pressure, Olga Simulator*

*Pigging Optimization Study With Foam Pig Types On Sweeping Flow Rate
Using Olga Simulation*

Adrico Fauzan

153210025

ABSTRACT

One of the problems that often occurs in the oil and gas industry is the pipeline network. There are several things that cause obstacles when the pipe flows fluid such as scale, corrosion, and pipe leaks. These problems can lead to a reduction in the size of the inside diameter of the pipe and reduce the thickness and service life of the pipe. There are several solutions that can be used to overcome these problems, one of which is pigging. Field A is a field that tends to experience problems with the flowline from GS Pusaka to GS Zamrud. To overcome these problems, a pigging design will be carried out with the help of an olga simulator. In this study, various pressure variations were used in the fluid that pushed the foam pig, namely 40 psi, 75 psi, and 85 psi. This pressure affects the speed of the foam pig and the distance traveled by the foam pig with respect to time to determine the effect of pressure on the rate of sweeping of the foam pig. Based on the results of the olga simulator, the one that affects the rate of sweeping on the pigging work is pressure. Based on the results of the olga simulator, it can be seen that the decrease in the pig rate is strongly influenced by pressure. From the results of the olga simulator output, it is found that pressure changes affect the sweeping flow rate where the higher the pressure used, it can be analyzed that there are obstacles that block the pig which causes the rate of the pig to decrease. The most optimal pigging pressure was obtained at 75 psi with an average pig speed of 0.0330 m/s and the resistance that caused the pig's rate to decrease occurred four times. At a variation of 85 psi, the pressure suffered by the pig is 165.8 psi which causes the pig will be break.

Keywords : *Pigging, Pig, Pressure, Olga Simulation*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SIMBOL	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 MASALAH PADA PERPIPAAN	4
2.2 <i>PIG</i> DAN <i>PIGGING</i>	5
2.3 JENIS <i>PIG</i>	7
2.4 <i>OLGA SIMULATION</i>	8
2.4.1 Analisis <i>Pipeline dan Facilities</i>	9
2.4.2 Analisis <i>Well Performance</i>	9
2.4.3 Analisis Jaringan (<i>Networking</i>).....	9
2.4.4 Optimasi Produksi	10
2.5 <i>STATE OF THE ART</i>	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 METODE PENELITIAN	11
3.1.1 Jenis dan Tempat Penelitian.....	11
3.1.2 <i>Flowchart</i> Penelitian	12
3.2 DATA MASUKAN.....	13
3.2.1 Data <i>Pigging</i>	13
3.2.2 Data Pipa	14
3.3 Pembuatan Skematik pada <i>Olga Simulation</i>	14
3.3.1 Pembuatan Skematik	14
3.3.2 <i>Verify</i>	14

3.3.3 <i>Run Batch</i>	15
3.3.4 Grafik Model	16
3.4 RENCANA KEGIATAN PENELITIAN.....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 <i>BASE CASE</i>	17
4.1.1 Variasi Tekanan 40 Psi	18
4.1.2 Variasi Tekanan 75 Psi	19
4.1.3 Variasi Tekanan 85 Psi	20
4.1.4 Perbandingan Variasi Antara Tekanan 40 Psi, 50 Psi, 75 Psi, dan 85 Psi	20
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	23
5.1 Kesimpulan.....	23
5.2 Saran.....	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN.....	28



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3 Bentuk <i>pig</i>	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	12
Gambar 3.2 Topografi Pipa dari GS Pusaka menuju GS Zamrud.....	13
Gambar 3.3 Kondisi skematik <i>olga simulation</i>	14
Gambar 3.4 Kondisi model setelah dilakukan <i>verify</i>	14
Gambar 3.5 Kondisi model setelah dilakukan <i>run batch</i>	15
Gambar 3.6 Grafik dari model pada <i>trend plot</i>	16
Gambar 4.1 Grafik <i>Trend Plot Base Case</i> dengan <i>pressure</i> 50 psi.....	17
Gambar 4.2 Grafik <i>Trend Plot</i> dengan Variasi <i>Pressure</i> 40 Psi	18
Gambar 4.3 Grafik <i>Trend Plot</i> dengan Variasi <i>Pressure</i> 75 Psi	18
Gambar 4.4 Grafik <i>Trend Plot</i> dengan Variasi <i>Pressure</i> 85 Psi	19

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>State Of The Art</i>	13
Tabel 3.1 <i>Data Pigging</i>	13
Tabel 3.2 <i>Data Pipa</i>	14
Tabel 3.3 <i>Tempat dan Jadwal Penelitian</i>	16



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SIMBOL

- d Diameter (*Inside*) Dalam Pipa (In)
- L Panjang Pipa (m)
- A Luas Pipa (m²)



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN

ID	<i>Inside Diameter</i>
GS	<i>Gathering Station</i>
PIG	<i>Pipeline Inspection Gauge</i>



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Jaringan perpipaan menjadi salah satu permasalahan yang sering terjadi dalam industri minyak dan gas. Berbagai ukuran pipa yang digunakan untuk menyalurkan fluida dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Dengan jarak yang jauh membuat banyak sekali kemungkinan yang menghambat laju alir, sehingga membuat laju produksi menurun. Turunnya laju produksi disebabkan adanya kerusakan pada pipa alir, contohnya *scale*, korosi, dan kebocoran pada pipa.

Scale terbentuk karena perubahan tekanan, suhu, dan pH (Pranondo & Agusandi, 2017). Pada pipa alir adanya endapan atau padatan membuat *inside diameter* (ID) pipa menjadi mengecil, dan menghambat laju alir fluida selama proses produksi (Irawan & Isjudarto, 2011). Selain *scale*, korosi juga merupakan salah satu penyebab turunnya laju produksi. Korosi pada pipa akan mengakibatkan terjadinya pengurangan ketebalan pipa, yang menyebabkan berkurangnya sisa umur pemakaian pipa, dan juga dapat menyebabkan kebocoran pada pipa (Hartanto et al., 2020).

Selain digunakan untuk mengalirkan fluida dari sumur ke permukaan hingga ke *gathering station* (GS), pipa juga digunakan untuk mengalirkan minyak dari satu GS ke GS lainnya. Permasalahan *scale*, korosi, dan kebocoran pipa tidak hanya terjadi pada pipa dari dasar sumur sampai ke GS, tetapi dapat juga terjadi antara dua GS. Lapangan A merupakan lapangan migas dengan *surface facilities* yang terdiri dari dua *gathering station*, yaitu GS Pusaka dan GS Zamrud. Untuk mengetahui, menganalisis, dan mengevaluasi laju alir dan permasalahan pada pipa antara GS Pusaka menuju GS Zamrud maka digunakan bantuan olga simulator. Metode *pigging* akan digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui *scale*, korosi, dan kebocoran pipa. Desain *pigging* yang akan dilakukan pada GS ini menggunakan *foam pig* yang memiliki prinsip kerja dengan menyerap cairan serta kandungan cairan dalam pipa yang akan dibersihkan diduga mempengaruhi

kinerja proses *pigging* (Tiratsoo, 1992). Diharapkan dengan penelitian ini dapat diketahui permasalahan yang terjadi pada pipa antara GS Pusaka dan GS Zamrud, serta dapat mengatasi permasalahan yang terjadi dan mengoptimasi kinerja dari pipa antara GS Pusaka dan GS Zamrud.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh parameter variasi tekanan terhadap kecepatan *pig* dan tekanan yang diderita oleh *pig* yang berpengaruh terhadap kecepatan *foam pig* menggunakan olga simulator.
2. Menganalisis kecepatan *foam pig*, tekanan pada *foam pig*, dan jarak tempuh *foam pig* terhadap waktu menggunakan olga simulator.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Dasar manfaat dari penelitian ini berdasarkan pada tujuan yang di kemukakan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Pengkayaan materi problematika produksi khususnya dibidang *pigging*.
2. Untuk dijadikan paper atau karya ilmiah yang bisa dipublikasikan secara nasional maupun international.

1.4 BATASAN MASALAH

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang dimaksud, maka didalam penelitian ini hanya terpusat pada :

1. Hanya berfokus pada permasalahan pipa dari GS Pusaka menuju GS Zamrud pada lapangan A dengan menggunakan olga simulator dengan jenis *pig*, yaitu *foam pig*.
2. Pada penelitian ini parameter yang akan di bahas adalah tekanan, kecepatan *pig*, dan waktu tempuh *pig*.

3. jenis pipa, sudut elevasi, dan keekonomian pekerjaan *pigging* diabaikan.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Ilmu pengetahuan dan teknologi perminyakan berkembang setiap harinya, hal ini sesuai dengan isi surat Al Jasyah Ayat 29 yang artinya: “Inilah Kitab (catatan) Kami yang menuturkan kepadamu dengan sebenar-benarnya. Sesungguhnya Kami telah menyuruh mencatat apa yang telah kamu kerjakan.”. Berdasarkan ayat diatas bahwa kita diminta untuk mencatat apapun yang kita lakukan termasuk penelitian maupun tugas akhir terkhusus didalam bidang perminyakan.

2.1 MASALAH PADA PERPIPAAN

Pada lapangan migas yang memiliki sistem perpipaan umumnya dijumpai permasalahan-permasalahan yang menghambat laju alir pada pipa. Permasalahan tersebut disebabkan oleh fluida yang mengalir pada pipa ataupun umur pemakaian pipa. Adapun permasalahan tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Paraffin (Wax)*

Paraffin (wax) merupakan masalah yang sering ditemui dalam industri minyak dan gas, karena dapat menurunkan laju alir dan menghambat transportasi minyak (Ardiansyah et al., 2019). *Paraffin (wax)* sendiri merupakan komponen minyak mentah yang tetap terlarut sampai terjadi perubahan keseimbangannya, biasanya terjadi pada saat perubahan suhu dan tekanan (Wibowo & Es, 2008). Kehilangan panas atau terjadinya penurunan suhu merupakan faktor yang paling dominan dalam terjadinya *paraffin (wax)*. Pada dasarnya *paraffin (wax)* akan mulai mengendap saat suhu mengalami penurunan dan dapat menyebabkan turunnya laju alir. *Paraffin (wax)* yang mengendap pada dinding pipa alir akan menyebabkan mengecilnya diameter dalam pipa (Dzikri Sidiq et al., n.d.).

2. *Scale*

Adanya *scale* dalam pipa alir dapat menurunkan laju alir sehingga mengganggu produksi yang sedang berlangsung. Endapanan *scale* mengakibatkan pengecilan di dalam pipa pada *flowline* (Friadi et al., 2011). *Scale* yang terbentuk pada pipa alir dapat menyebabkan kerusakan pada pipa dan menghambat laju produksi, *scale* tersebut akan mempercepat proses korosi (Lestari, MG Sri Wahyuni & Sitaresmi, 2007). Penyebab terbentuknya *scale* dipengaruhi oleh adanya perubahan suhu, tekanan, dan pH.

3. Korosi

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Irwanto et al., 2013). Pada pipa alir, korosi terjadi akibat fluida yang bersentuhan langsung dengan pipa. Dalam jangka waktu yang lama fluida yang bersentuhan langsung dengan logam pada pipa menyebabkan korosi (pengkaratan logam), dan juga menyebabkan berkurangnya tebal pipa (umur guna pipa) (Lesmana et al., 2020).

4. Kebocoran Pipa

Kebocoran yaitu pelepasan suatu zat dari tempat penyimpanan karena adanya lubang atau retakan (Anindyta et al., 2017). Pada umumnya kebocoran pipa disebabkan oleh pengkaratan pada pipa itu sendiri. apabila korosi terlambat terdeteksi atau diketahui akan menyebabkan kebocoran pada pipa (Wahyu Darojad, 2017).

2.2 **PIG DAN PIGGING**

Pigging merupakan suatu metoda perawatan saluran perpipaan dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan *pig* tanpa memberhentikan aliran fluida saat sedang berlangsung. Para ahli terdahulu mensimulasikan proses *pigging* dengan animasi komputer, sehingga gerakan *pig* dapat tergambar secara visual di layar monitor (Huang et al., 2017). Istilah *pig* ini digunakan karena pada saat *pig*

diluncurkan dalam sistem perpipaan, suara yang dikeluarkan yaitu suara berdecit seperti suara *pig* (Tiratsoo, 1992). *Pig* yang meluncur di dalam pipa akan didorong menggunakan gas atau liquid (Xu, 2005). Selama *pig* ini meluncur di dalam pipa, maka *pig* akan melakukan *inside cleaning pipeline*, sekaligus melakukan pendeteksian kondisi pipa tersebut (Pardadi & Malau, 2010).

Dalam sistem *pigging* , ada empat komponen yang sangat penting dan saling berkaitan (Arista et al., 2018), yaitu :

1. *Pig Launcher*, merupakan alat yang digunakan untuk membantu *pig* meluncurkan melewati sistem perpipaan yang akan dibersihkan.
2. *Pipeline*, merupakan sistem perpipaan yang akan dibersihkan dengan sistem *pigging*.
3. *Pig Receiver*, merupakan alat yang digunakan untuk menangkap *pig* yang telah meluncur melewati sistem perpipaan.
4. *Pig*, merupakan alat pembersih yang akan diluncurkan oleh *pig launcher* melewati sistem perpipaan dan kemudian ditangkap oleh *pig receiver*.

Sebagian besar jaringan pipa tidak datang tanpa masalah tersendiri ketika berhadapan dengan jaringan pipa (aliran rendah) (Combe et al., 2011). *Pigging* adalah suatu proses, mengirimkan "*Pipeline Inspection Gauge*" (*PIG*) alat melalui perpipaan (menggunakan peluncur *pig*), didorong oleh tekanan aliran produk dan diterima di ujung lain pipa (menggunakan penerima *pig*) (Tharmalingam et al., 2017). Secara umum, operasi *pigging* dilakukan untuk:

- a. Pembersihan saluran pipa **internal**,
- b. Memeriksa kondisi dinding pipa,
- c. Untuk menangkap dan mencatat informasi geometrik yang terkait dengan jaringan pipa (mis. Ukuran, posisi),
- d. Pemisahan fisik antara cairan berbeda yang diangkut dalam pipa yang sama.

Tujuan utama dari pembersihan rutin *pigging* pipa operasi adalah untuk menghilangkan air yang tergenang dari dasar pipa dengan maksud untuk

meminimalkan korosi yang disebabkan oleh air korosif yang menetap di bagian bawah garis. untuk menghilangkan sisa-sisa (pasir, lumpur berat), endapan *wax*, timbangan, produk korosi, dari pipa, untuk meningkatkan efisiensi aliran pipa dan untuk meminimalkan masalah korosi di bawah endapan (Grandhe & El Alfy, 2014). Laju alir pada sistem kerja *pigging* digunakan untuk mengontrol kecepatan *pigging* berdasarkan jarak. Kecepatan *pigging* berkisar dari 1-5 m/s pada *liquid* sedangkan 2-7 m/s pada gas (Xu, 2005).

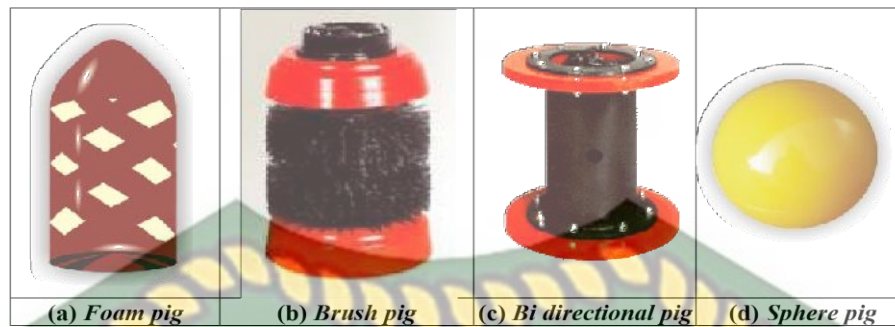
2.3 JENIS PIG

Pada dasarnya pembagian jenis *pig*, apabila ditinjau dari kondisinya dapat dibagi menjadi dua (Jayawardena et al., 2002), jenis berupa *pig* fisik (*physical pig*) yang disebut juga sebagai *pig* konvensional dan *pig* elektronik (*electronical pig*). *Pig* fisik merupakan *pig* yang bekerja karena bentuk fisiknya, sedangkan *pig* elektronik pada prinsip berupa detektor yang dimasukkan kedalam jalur pipa untuk mendeteksi korosi serta kerusakan bagian dalam pipa.

Menurut kegunaannya dan hanya berlaku untuk *pig* fisik. Seperti yang diuraikan oleh (Cordell & Vanzant, 1990) serta (Tiratsoo, 1992), ada berbagai jenis *pig*, namun jika rangkum sesuai dengan fungsinya jenis *pig* dapat dibagi menjadi :

- 1) *Pig* pengering (*drying pig*)
- 2) *Pig* pembersih (*cleaning pig*)
- 3) *Pig* penyekat (*isolating pig* atau *batching pig*)

Menurut bentuknya, cukup sulit sebenarnya untuk membagi jenis *pig* dengan cara ini, karena saat ini bentuk *pig* begitu bervariasi. Berbagai literatur menyebutkan banyak macam *pig*, namun demikian berbagai *pig* tersebut selalu dapat dibedakan menjadi 4 bentuk dasar, yaitu:



Gambar 2.3 Bentuk *pig*

(*Pipeline Pigging Products*, 2004 dan *Pipeline oil and Gas Equipment, Inc.*, 2010)

Pig untuk pengering terbuat dari bahan yang dapat menyerap cairan. Cairan yang diserap belum tentu air, tetapi dapat berupa berbagai jenis minyak. Oleh karena busa yang menjadi bahan *pig* untuk keperluan pengeringan ini, maka jenis *pig* seperti ini disebut *foam pig*.

Foam pig yang diaplikasikan dalam pipa jarak panjang, harus mempunyai kemampuan meluncur dengan baik. Untuk itulah pada bentuk *foam pig* yang moderen, disekitar busa diberi pembalut yang berupa anyaman poliuretan (*poly urethane*) yang bersifat licin dan kekar. Adanya pembalut ini menyebabkan badan *pig* tidak cepat rusak. Ujung *pig* dibuat runcing, agar dapat memudahkan peluncuran dan berbelok dengan mudah (Bakri, 2009).

2.4 OLGA SIMULATION

Pembuatan model di lapangan A dilakukan dengan menggunakan *software olga simulation*. Olga simulator biasanya digunakan untuk mendesain jaringan transportasi pipa (Ansory et al., 2016). Olga adalah suatu *simulator* produksi yang dapat digunakan dalam analisis hal-hal sebagai berikut (Xing et al., 2011):

- 1) Analisis *pipeline & facilities*.
- 2) Analisis *well performance* .
- 3) Analisis jaringan (*networking*).
- 4) *Production optimization*.

2.4.1 Analisis Pipeline dan Facilities

Analisis *pipeline & facilities* merupakan suatu sistem analisis model multifasa (*multiphase flow model*). Aplikasi dari analisis tersebut meliputi :

- a. Aliran multifasa di dalam pipa (*Multiphase flow inflow lines and pipelines*).
- b. Tekanan dan *temperature* di tiap titik (*pressure and temperature profiles*).
- c. Perhitungan *heat transfer coefficients*.
- d. Analisis *flowline & equipment performance modeling*.
- e. *Modeling the sensitivity of a pipeline design*.

2.4.2 Analisis Well Performance

Analisis *Well Performance* dilakukan dengan analisis sistem nodal (*nodal system analysis*). Tipe aplikasi dari analisis ini adalah meliputi :

- a. Desain sumur.
- b. Optimasi sumur.
- c. Pemodelan ulah kerja alir sumur (*well inflow performance*).
- d. *Horizontal well modeling* (termasuk penentuan panjang optimum kompleks).
- e. Aliran di dalam anulus dan tubing.
- f. Pemodelan sensitivitas desain sumur.
- g. Membandingkan data terukur di lapangan dengan data hasil simulasi.

2.4.3 Analisis Jaringan (*Networking*)

Analisis model jaringan meliputi beberapa hal yaitu :

- a. Penyelesaian algoritma yang unik untuk jaringan sumur di dalam jaringan yang lebih besar.
- b. *Multiple looped pipe line / flow line capability*.
- c. Pemodelan ulah kerja sumur (*well inc performance modeling capabilities*).

2.4.4 Optimasi Produksi

Optimasi produksi dapat dilakukan pada lapangan minyak dengan *artificial lifted system* dengan memberikan batasan-batasan praktis pada sistem.

Optimasi produksi di sini meliputi:

- a. Menghubungkan dengan analisis-analisis sebelumnya.
- b. Memecahkan skenario *multi-well commingled*.
- c. Memberikan model produksi sumur.

2.5 STATE OF THE ART

Tabel 2.1 *State Of The Art*

Peneliti	Metode dan Pengembangan
(Cordel dan Panzant, 1990)	(Cordel dan Panzant, 1990) Pembagian <i>pigging</i> berdasarkan kegunaan dan prinsip kerja, seperti <i>drying pig</i> (<i>pig</i> yang digunakan untuk mengeringkan pipa dari sisa fluida), <i>cleaning pig</i> (<i>pig</i> yang digunakan untuk membersihkan pipa, dari <i>scale</i> , <i>wax</i> , ataupun zat pengotor lainnya).
(J.N.H Tiratsoo, 1992)	(J.N.H Tiratsoo, 1992) Prinsip kerja <i>pigging</i> dan penamaan istilah <i>pigging</i> .
(Xiao-Xuan Xu, 2005)	(Xiao-Xuan Xu, 2005) Memperkenalkan kerja <i>pigging</i> berdasarkan kecepatan laju <i>pigging</i> .
(Douglas Combe dan David Hair, 2011)	(Douglas Combe dan David Hair, 2011) Memaparkan kendala serta masalah yang ditemui pada saat pekerjaan <i>pigging</i> . Kendala yang paling umum ditemui pada pekerjaan <i>pigging</i> yaitu, menurunnya laju <i>pigging</i> dan <i>pigging stuck</i> .
(L Xing, 2011)	(L Xing, 2011) Mensimulasikan pekerjaan <i>pigging</i> menggunakan <i>olga simulator</i> .
(Huang et al., 2017)	(Huang et al., 2017) Memvisualisasikan pekerjaan <i>pigging</i> pada layar monitor sehingga pergerakan <i>pig</i> terlihat jelas pada layar monitor.

BAB III

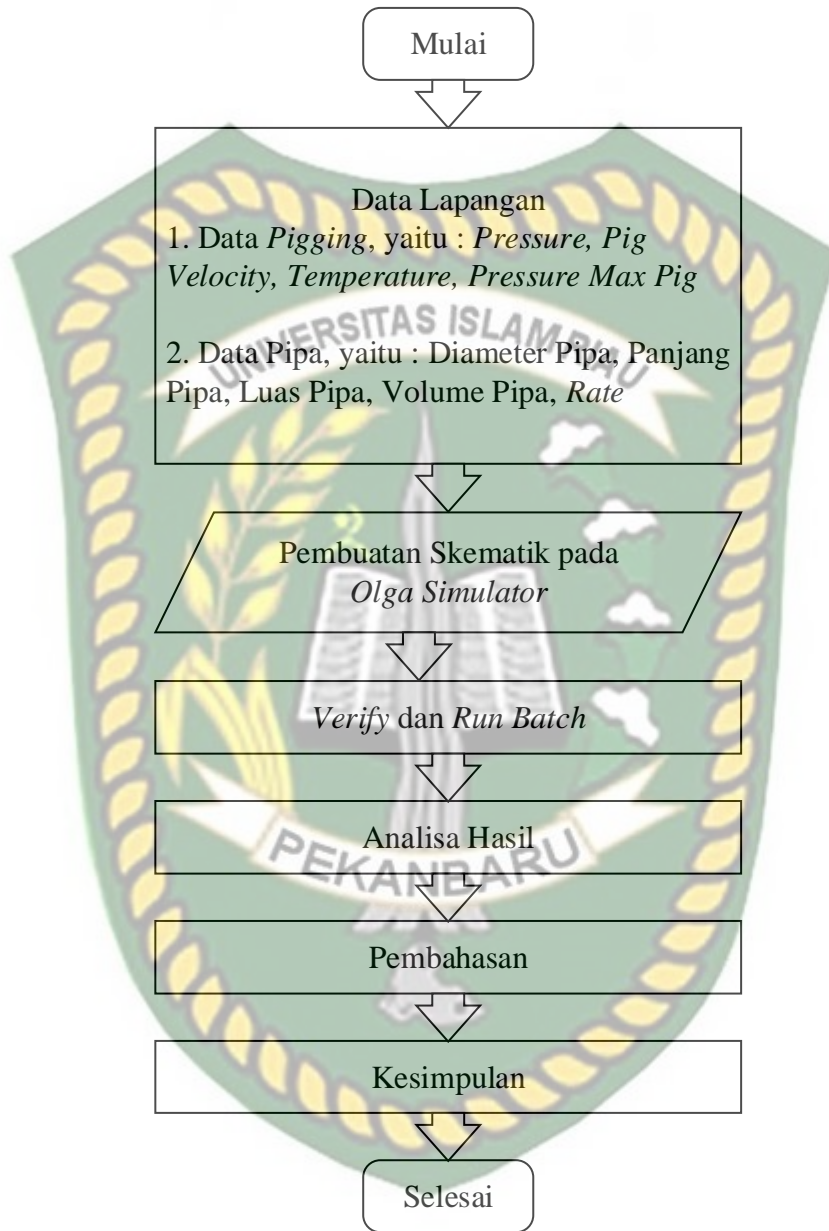
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENELITIAN

3.1.1 Jenis dan Tempat Penelitian

Pada lapangan A, PT. Bumi Siak Pusako Pertamina Hulu akan dilakukan penelitian mengenai pekerjaan *pigging*. Metode penelitian tugas akhir ini berdasarkan hasil studi literature yang berkaitan dengan aplikasi *software* olga simulator. Penelitian ini mengevaluasi lapangan (*Field Research*) dengan melakukan pemeriksaan terhadap proses yang terjadi dan mengevaluasi efektivitas menggunakan *olga simulation*, sehingga pada akhirnya didapat suatu kesimpulan. Penelitian ini merupakan studi kasus lapangan menggunakan data sekunder.

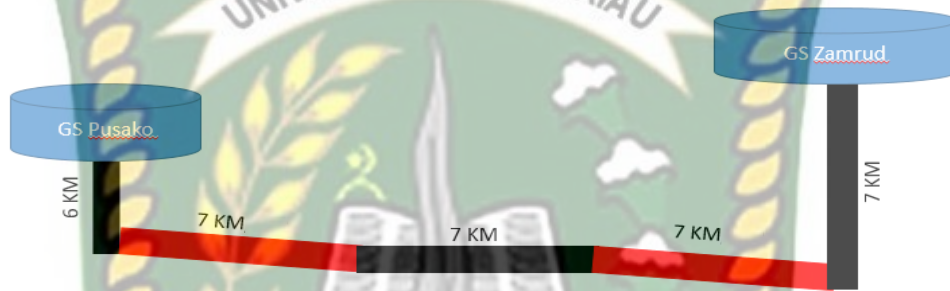
3.1.2 Flowchart Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 DATA MASUKAN

Langkah awal dalam melaksanakan simulasi produksi adalah persiapan data lapangan yang akan disimulasikan. Pipa yang akan dievaluasi dan dianalisis pada penelitian ini adalah pipa dari GS Pusaka Menuju GS Zamrud. Adapun skematik panjang dan topografi pipa dari GS Pusaka menuju GS Zamrud adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Topografi Pipa dari GS Pusaka menuju GS Zamrud

Selain topografi pipa GS Pusaka menuju GS Zamrud, terdapat data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

3.2.1 Data *Pigging*

Data-data *pigging* yang diperlukan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Data *Pigging*

<i>Pressure</i>	50 Psi
<i>Flow Rate</i>	$4100 \frac{bbls}{d}$
<i>Temperature</i>	150°F
<i>Pressure Max Pig (Pig Pecah)</i>	140 Psi

3.2.2 Data Pipa

Data pipa yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Data Pipa

d	24 In
L	34000 m
A	0.28 m ²
Volume Pipa	58,854.27 Bbl
Rate	5000 Bbl

3.3 Pembuatan Skematik pada *Olga Simulation*

3.3.1 Pembuatan Skematik

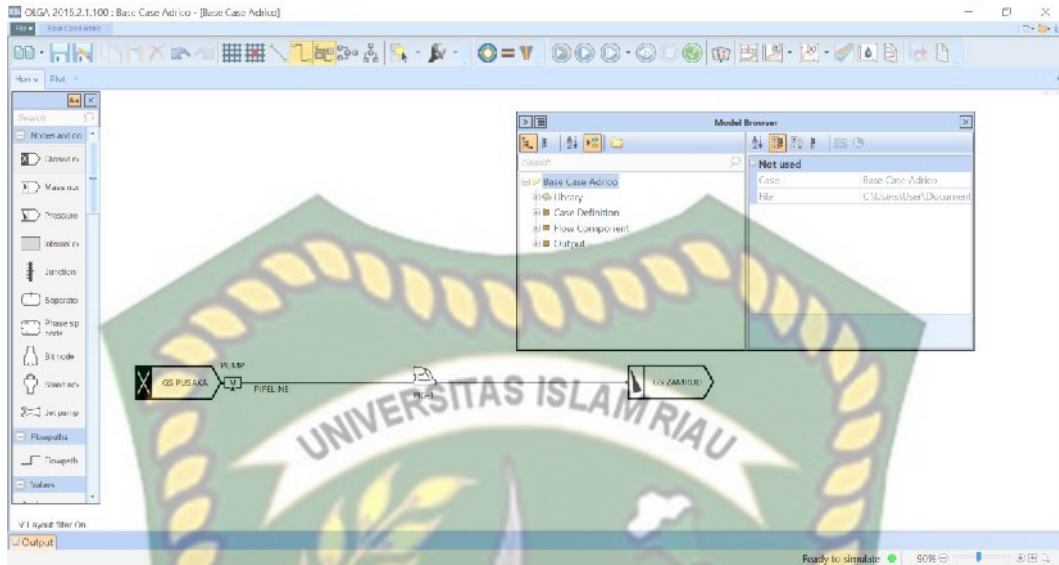
Pembuatan model terdiri dari GS Pusaka, *Pump*, *pipeline*, *Pig* dan GS Zamrud yang membentuk satu gambaran *networking*, seperti dibawah ini:



Gambar 3.3 Kondisi skematik *olga simulation*

3.3.2 *Verify*

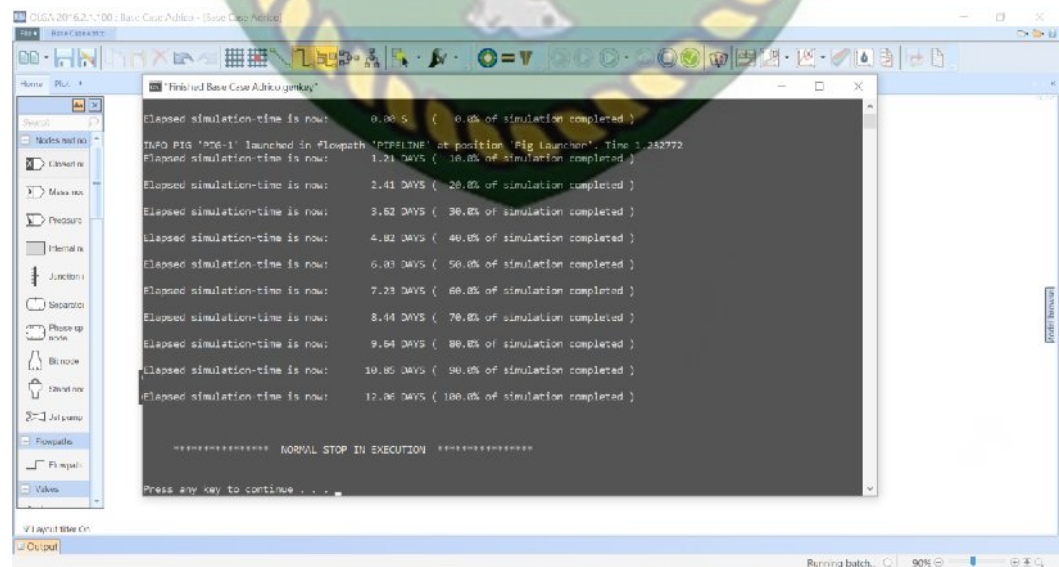
Verify adalah proses pembuktian yang dilakukan setelah pembuatan model sumur sehingga diperoleh nilai *trend plot* dan *profile plot* seperti gambar berikut:



Gambar 3.4 Kondisi Model Setelah dilakukan *Verify*

3.3.3 *Run Batch*

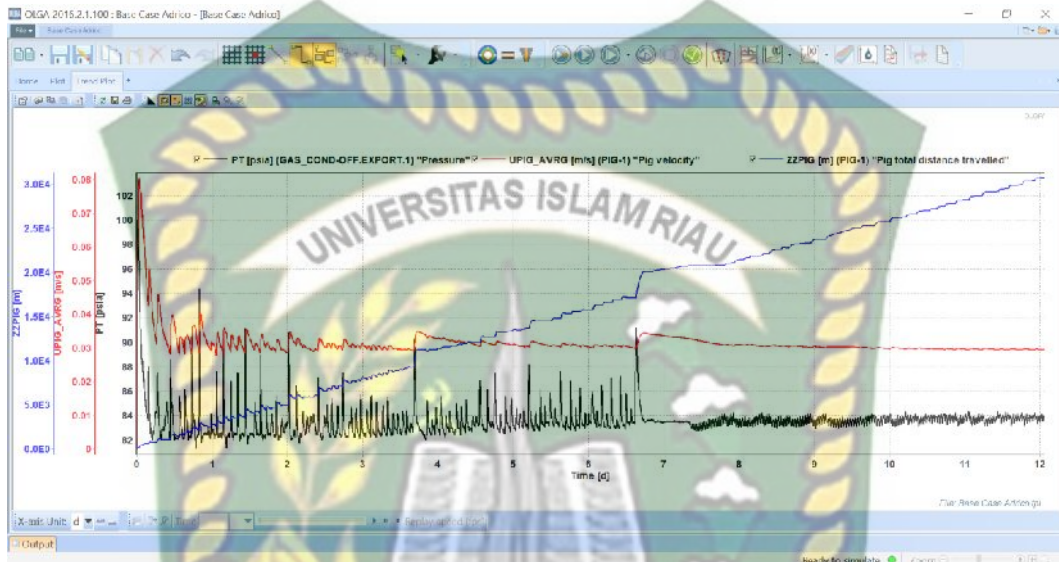
Run batch adalah proses menjalankan model *pigging* yang telah disesuaikan dengan lapangan. Langkah ini bertujuan untuk melihat performa laju alir penyapuan yang dihasilkan oleh model terhadap grafik pada *trend plot* yang nantinya dapat ditentukan. Adapun model *run batch* yang dihasilkan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.5 Kondisi model setelah dilakukan *run batch*

3.3.4 Grafik Model

Setelah dilakukannya *run batch*, maka diperoleh hasil grafik pada *trend plot*, seperti grafik *pressure*, *pig velocity* dan *pig total distance travelled* :



Gambar 3.6 Grafik dari model pada *trend plot*

3.4 RENCANA KEGIATAN PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan di PT Bumi Siak Pusako selama 3 bulan dimulai dari bulan Oktober 2021 sampai dengan Desember 2021 dimana penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari data lapangan PT Bumi Siak Pusako.

Tabel 3.3 Jadwal Penelitian

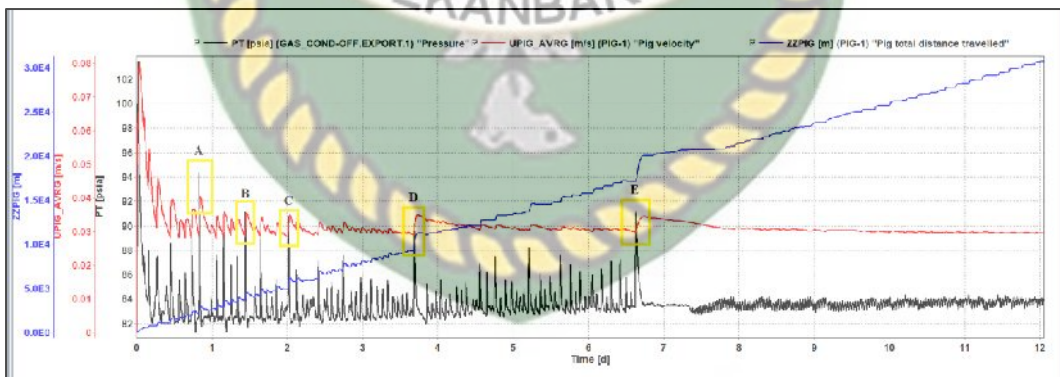
No	Jenis Kegiatan	Oktober 2021				November 2021				Desember 2021			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■										
2	Persiapan data lapangan			■	■	■	■						
3	Pembuatan model dan <i>Run Batch</i> pada <i>Olga Simulator</i>							■	■	■			
4	Analisis hasil dari <i>Olga Simulator</i>									■	■		
5	Hasil dan Pembahasan												■

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 BASE CASE

Pada penelitian ini akan diuji beberapa skenario yang berkaitan dengan proses pengerjaan *pigging*. Adapun parameter-parameter yang menjadi *screening* dalam pengerjaan ini adalah, tekanan, waktu, kecepatan *pig*, dan perpindahan *pig*. Dalam hal ini panjang total pipa dibagi dalam *section*, yaitu 324 *section*. Sehingga hasil dari *running* olga simulator lebih jelas dan dapat melihat pengaruh dari parameter-parameter yang digunakan. Setelah dilakukan simulasi pada olga simulator didapatkan beberapa skenario yang dapat dijadikan sebagai perbandingan dalam pemilihan skenario terbaik.

Model pertama yang akan dianalisis merupakan model *base case* dengan parameter tekanan 50 psi, temperatur 150°F, dengan waktu yang diperlukan *pig* selama 12 hari.

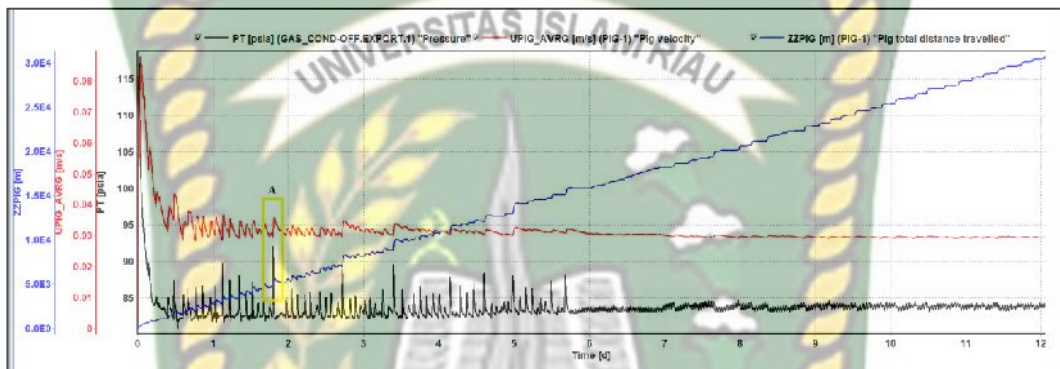


Gambar 4.1 Grafik *Trend Plot Base Case* dengan *Pressure* 50 Psi

Dari grafik diatas dapat kita lihat pergerakan dari pengerjaan *pigging*. Berdasarkan parameter-parameter yang digunakan didapatkan *trend plot* yang menunjukkan variasi dari tekanan, kecepatan *pig*, dan pergerakan *pig* berdasarkan waktu pengerjaan selama 12 hari. Didapatkan tekanan tertinggi yang diderita oleh *pig* yaitu 94.3 psi dengan kecepatan *pig* paling tinggi setelah melewati hambatan

yaitu 0.0404 m/s, dan kecepatan rata-rata *pig* sebesar 0.0315 m/s. Apabila ada tekanan naik tetapi kecepatan *pig* menurun dapat disimpulkan bahwa *pig* mengalami hambatan. Seperti yang terlihat pada titik A, B, C,D, dan E. Setelah membuat *base case*, dilakukan pengujian dengan parameter tekanan. Tekanan yang digunakan yaitu, 40 psi, 75 psi, dan 85 psi.

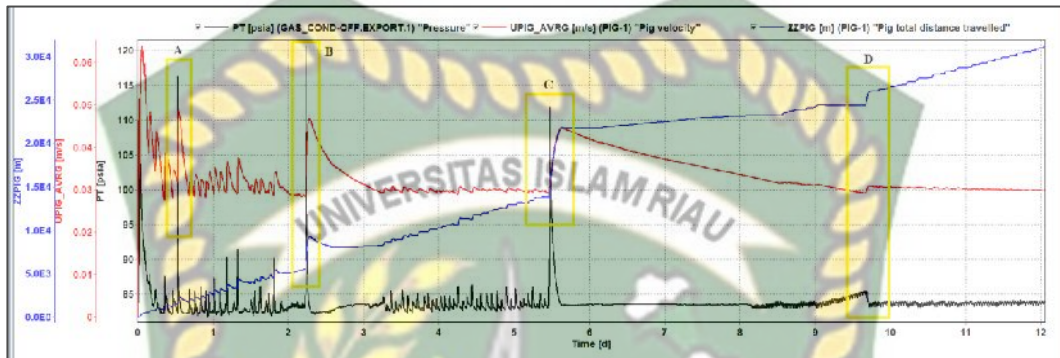
4.1.1 Variasi Tekanan 40 Psi



Gambar 4.2 Grafik *Trend Plot* dengan Variasi *Pressure* 40 Psi

Dari grafik diatas dapat kita lihat pergerakan dari pengerjaan *pigging*. Berdasarkan parameter-parameter yang digunakan didapatkan *trend plot* yang menunjukkan variasi dari tekanan, kecepatan *pig*, dan pergerakan *pig* berdasarkan waktu pengerjaan selama 12 hari. Didapatkan tekanan tertinggi yang diderita oleh *pig* yaitu 92 psi dengan kecepatan *pig* paling tinggi setelah melewati hambatan yaitu 0.0359 m/s, dan kecepatan rata-rata *pig* sebesar 0.0314 m/s. Dengan besarnya tekanan yang diderita oleh *pig*, dapat dianalisis adanya hambatan yang membuat kecepatan *pig* menurun dan *pig* terhalang oleh hambatan tersebut (Esmailzadeh et al., 2006). Hanya saja pada variasi tekanan 40 psi grafik kecepatan dan perubahan tekanan cenderung lebih kecil dan lebih lambat sehingga tidak dapat dijadikan acuan untuk pekerjaan *pigging*.

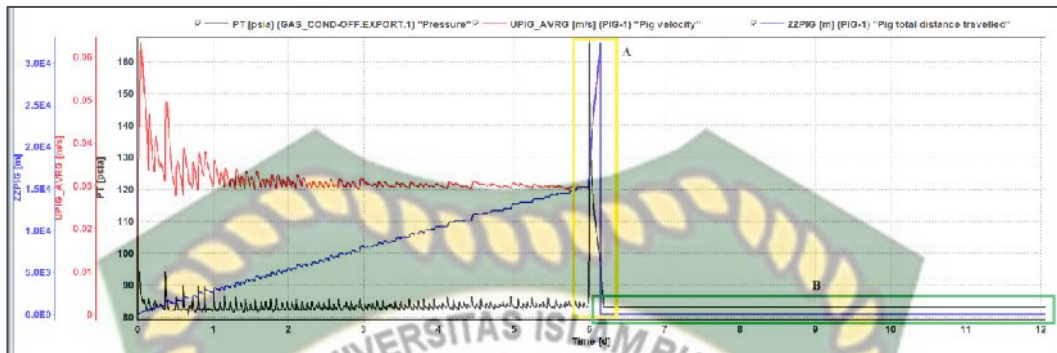
4.1.2 Variasi Tekanan 75 Psi



Gambar 4.3 Grafik *Trend Plot* dengan Variasi *Pressure* 75 Psi

Dari grafik diatas dapat kita lihat pergerakan dari pengerjaan *pigging*. Berdasarkan parameter-parameter yang digunakan didapatkan *trend plot* yang menunjukkan variasi dari tekanan, kecepatan *pig*, dan pergerakan *pig* berdasarkan waktu pengerjaan selama 12 hari. Didapatkan tekanan tertinggi yang diderita oleh *pig* yaitu 120.6 psi dengan kecepatan *pig* paling tinggi setelah melewati hambatan yaitu 0.0467 m/s, dan kecepatan rata-rata *pig* sebesar 0.0330 m/s. Pada variasi tekanan 75 psi terlihat bahwa kenaikan tekanan yang signifikan mengakibatkan kenaikan kecepatan pada *pig*, seperti yang terjadi pada titik A, B, C, D. Pada titik D ditemukan masalah bahwasannya tekanan pada *pig* naik tetapi kecepatan *pig* turun, yang berarti *pig* menemui hambatan didalam pipa (Bansal et al., 2012).

4.1.3 Variasi Tekanan 85 Psi



Gambar 4.4 Grafik *Trend Plot* dengan Variasi *Pressure* 85 Psi

Dari grafik diatas dapat kita lihat pergerakan dari pengerjaan *pigging*. Berdasarkan parameter-parameter yang digunakan didapatkan *trend plot* yang menunjukkan variasi dari tekanan, kecepatan *pig*, dan pergerakan *pig* berdasarkan waktu pengerjaan selama 12 hari. Didapatkan tekanan tertinggi yang diderita oleh *pig* yaitu 165.8 psi dengan kecepatan *pig* paling tinggi setelah melewati hambatan yaitu 0.0360 m/s, dan kecepatan rata-rata *pig* sebesar 0.0162 m/s. Setelah didapatkan hasil simulasi dengan variasi tekanan 85 psi terlihat bahwa tidak adanya titik permasalahan yang terdapat pada pipa. Hal tersebut dimungkinkan karena tekanan yang terlalu besar mengakibatkan *pig* tidak terhambat oleh endapan yang ada di dalam pipa dan kemungkinan lainnya *pig* tersebut tidak dapat menahan tekanan yang terlalu besar sehingga menyebabkan *pig* pecah (Combe et al., 2011).

4.1.4 Perbandingan Variasi Antara Tekanan 40 Psi, 50 Psi, 75 Psi, dan 85 Psi

Base case merupakan model pertama yang dianalisis dengan parameter tekanan 50 psi. pada tekanan 50 psi terjadi perubahan tekanan yang signifikan sebanyak lima kali. Terlihat pada gambar *trend plot base case*, titik A, titik B titik C, titik D, dan E, mengalami perubahan tekanan, sehingga dapat dianalisis ada hambatan yang menghalangi laju *pig*. Dititik A pada hari pertama *pig* diluncurkan,

pressure yang diderita oleh *pig* sebesar 94.3 psi, kecepatan *pig* menurun dan *pig* tidak berpindah. Dapat dianalisis *pig* mengalami hambatan yang membuat tekanan tertahan dan naik. Setelah *pig* melewati hambatan, tekanan menurun, dan kecepatan *pig* naik membuat *pig* meluncur kembali. Pada titik B, C, D, dan E, *pressure* naik tidak terlalu besar tetapi kecepatan *pig* menurun. Dapat dianalisis *pig* mengalami hambatan. Pada tekanan 50 psi ini dapat dilihat pekerjaan *pigging* mengalami beberapa hambatan tetapi *pig* bisa melewati hambatan yang membutuhkan waktu 12 hari.

Pada variasi tekanan 40 psi tidak ada perubahan tekanan yang signifikan. Terlihat pada gambar *trend plot* variasi tekanan 40 psi, pada titik A dihari pertama *pressure* yang diderita oleh *pig* sebesar 92 psi. Dan kecepatan *pig* berbanding lurus dengan perpindahan *pig*. Dengan *pressure* yang cenderung kecil dan konstan menyebabkan laju alir penyapuan pada variasi ini tidak optimal. Karena tidak dapat melihat parameter yang berpengaruh dan menganalisis permasalahan yang terjadi pada pekerjaan *pigging*. Laju penyapuannya pun cenderung kecil dan pada variasi ini tidak dapat dijadikan acuan pekerjaan *pigging*.

Pada variasi tekanan 75 psi terjadi perubahan yang signifikan sebanyak empat kali. Terlihat pada gambar *trend plot* variasi 75 psi, titik A, B, C, dan D, mengalami perubahan tekanan yang besar, sehingga dapat dianalisis ada hambatan yang menghalangi laju *pig*. Dititik A pada hari pertama kali *pig* diluncurkan, *pressure* yang diderita oleh *pig* naik sebesar 116.2 psi, kecepatan *pig* menurun dan *pig* tidak berpindah, dapat dianalisis bahwasannya *pig* mengalami hambatan yang membuat tekanan tertahan dan naik. Setelah *pig* melewati hambatan tekanan menurun, kecepatan *pig* naik, dan *pig* mengalami perpindahan. Pada hari kedua dititik B *pressure* yang diderita oleh *pig* naik sebesar 120.6 psi, dan terjadi hambatan seperti sebelumnya, dapat dianalisis *pig* menemukan hambatan yang membuat kenaikan pada tekanan, kecepatan *pig* menurun dan *pig* tidak berpindah. Pada hari kelima dititik C *pressure* yang diderita oleh *pig* naik sebesar 111.8 psi, tidak terjadi perpindahan *pig* tetapi tekanan naik dan kecepatan *pig* menurun.

Dapat dianalisis terjadi hambatan yang menghalangi *pig*. Pada hari kesembilan dititik D *pressure* naik kemudian turun, dan dapat dianalisis *pig* mengalami hambatan. Pada variasi ini dapat dilihat bahwa laju alir penyapuan yang dilakukan oleh *pig* selama 12 hari sangat optimal karena dapat dilihat parameter yang berpengaruh dan dapat dilihat hambatan yang menghalangi *pig* pada proses pengekerjaan *pigging*.

Pada variasi tekanan 85 psi tidak terjadi perubahan tekanan yang signifikan. Tekanan pada variasi ini tekanan dan kecepatan *pig* cenderung lebih kecil. Sehingga tidak dapat mengetahui parameter yang menyebabkan laju *pig* menurun dan laju penyapuannya tidak optimal. Terlihat pada gambar *trend plot* variasi 85 psi, dititik A pada hari keenam terjadi kenaikan tekanan yang diderita oleh *pig* terlalu besar yaitu 165.8 psi, dan dititik B tidak terlihat lagi kecepatan *pig* dan perpindahan *pig*. Dengan tekanan yang terlalu besar dimungkinkan *pig* tidak dapat menahan tekanan lalu pecah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil olga simulator, yang mempengaruhi laju alir penyapuan terhadap pekerjaan *pigging* yaitu *pressure*. Dapat dianalisis dari perubahan *pressure*, disaat *pressure* naik dan kecepatan *pig* menurun mengidentifikasi *pig* tersebut mengalami hambatan.
2. Berdasarkan hasil olga simulator terlihat bahwa penurunan laju *pig* sangat dipengaruhi tekanan. Karena semakin tinggi tekanan yang diderita oleh *pig* mengakibatkan penurunan laju *pig*. Pada variasi 40 psi tidak dapat dijadikan acuan pekerjaan *pigging* karena tidak ada perubahan tekanan yang signifikan. Pada variasi tekanan 75 psi, merupakan hasil yang paling optimal yang diperoleh dibandingkan dengan *base case*. Dengan kecepatan rata-rata 0.0330 m/s dan mengidentifikasi adanya hambatan yang ditemui oleh *pig* dan membuat laju *pig* menurun. Pada variasi tekanan 85 psi, tekanan yang diderita *pig* sebesar 165.8 psi. Dengan besarnya tekanan ini mengidentifikasi bahwa *pig* tidak dapat menahan tekanan dan pecah.

5.2 Saran

Untuk penelitian *pigging* selanjutnya menggunakan olga simulator, penulis menyarankan untuk mensimulasikan pengerjaan *pigging* mulai dari kepala sumur ke *gathering station*, dan juga memperhitungkan pengaruh sudut elevasi pipa terhadap pergerakan *pigging*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindyta, A., Julianto, E., & Nugroho, A. (2017). Analisis Risiko Kebocoran Gas pada Sistem Perpipaan Recycle Gas Hydrofinishing Plant dengan Menggunakan Metode Quantitative Risk Analysis (QRA) (Studi Kasus : Perusahaan Produksi Pelumas). *Proceeding 1st Conference on Safety Engineering and Its Application*, 1, 346–352.
- Ansory, S., Taufiq Fathaddin, M., Jurusan, Teknik, M., Fakultas, P., Kebumihan, T., & Energi, D. (2016). Optimasi Transportasi Gas Alam Dari Lepas Pantai Ke Fasilitas Penerima Darat. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 1–8.
- Ardiansyah, F., Erfando, T., Noerhadi, Efriza, I., Rahmatan, B., & Oktavia, C. (2019). Evaluation of Heavy Paraffin Solvent Injection in Langgak Oil Field. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 536(1).
- Arista, D., Asyik, M., & Prabu, U. A. (2018). Analisis Efisiensi Aliran Dan Indeks Aliran Untuk Penentuan Intensitas Dan Waktu Pigging Pada PT . Medco E & P Soka , Sumatera Selatan Analysis Of Flow Efficiency And Flow Index For Intensity And Pigging Time Determination At PT . Medco E & P Soka ., 2(4), 9–14.
- Bakri, I. (2009). *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII*. 346–356.
- Bansal, R., Ravishankar, B., Sharma, S. S., & Afzal, K. (2012). Dynamic simulation for optimising pigging frequency for dewaxing. In *Society of Petroleum Engineers - SPE Oil and Gas India Conference and Exhibition 2012, OGIC - Further, Deeper, Tougher : The Quest Continues*. (Paper. 529–536).

- Combe, D., Hair, D., & Kenny, W. G. (2011). SPE 143748 Problems with Operational Pigging in Low Flow Oil Pipelines. *Society, September*, 6–8.
- Cordell, J., & Vanzant, H. (1990). *The Pipeline Pigging Handbook. All About Pigging*. 3401 Louisiana Street, Houston, Texas 77002, USA.
- Dzikri Sidiq, M. M., Santoso, M., & Moballa, B. (n.d.). *Kajian Numerik Wax Deposition pada Crude Oil Pipeline dari Central Processing Area (CPA) ke Palang Station di JOB P-PEJ*.
- Esmailzadeh, F., Mowla, D., & Asemani, M. (2006). Modeling of pig operations in natural gas and liquid pipeline. *CHISA 2006 - 17th International Congress of Chemical and Process Engineering, 1991*.
- Friadi, R., Prabu, U. A., & Iskandar, H. (2011). *Evaluasi Penanggulangan Scale Dengan Metode Inject Scale Inhibitor Pada Sumur " X " Di Pt Pertamina Ep Asset 2 Field Limau Evaluation Scale Tackling of Scale Inhibitors Using the Injection Wells " X " in Pt Pertamina*.
- Grandhe, S. P., & El Alfy, M. (2014). Dewatering pigging frequency for oil & gas pipelines modified approach. *Society of Petroleum Engineers - 30th Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, ADIPEC 2014: Challenges and Opportunities for the Next 30 Years, 5*, 3924–3936.
- Hartanto, A., Moralista, E., & Zaenal. (2020). Kajian Korosi pada Pipa Transportasi Crude Oil Pipeline A (SP 01 - SP 02) di Kecamatan Balongan Kabupaten Indramayu Provinsi Jawa Barat.
- Huang, Q., Wang, W., Li, W., Ren, Y., & Zhu, F. (2017). A pigging model for wax removal in pipes. *SPE Production and Operations*, 32(4), 469–475.
- Irawan, A., & Isjudarto, A. (2011). Studi Penanggulangan Problem Scale dari Nearwellbore Hingga Flowline di Lapangan Minyak LIMAU. *Universitas Indonesia*.

- Irwanto, D., Basir, Y., & Pamuji, M. (2013). Studi Korosi Pada Pipa Menggunakan Metode Impressed. *Desiminasi Teknologi, 1*, 198–212.
- Jayawardena, S., Dykhno, L., & Hudson, J. (2002). Challenges in Pigging of Subsea Gas Flowlines. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, 2117–2122.
- Lesmana, I., Moralista, E., & Zaenal, Z. (2020). Prosiding Teknik Pertambangan Kajian Korosi pada Pipa Transportasi Crude Oil Pipeline D (SP 04-SP 05) di Kecamatan Balikpapan Kota Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur.
- Lestari, MG Sri Wahyuni & Sitaresmi, R. (2007). Problema Scale di Beberapa Lapangan Migas. *Proceeding Simposium Nasional IATMI*, 19.
- Pardadi, J., & Malau, V. (2010). Pipeline Inspecting By Intelligent Pigs. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) Ke-9*, 13–15.
- Pranondo, D., & Agusandi, S. (2017). Evaluasi Permasalahan Scale Sumur Sa-33, Sa-101, Sa-104 dan Sa-108 Di PT. Pertamina EP Asset 1 Field Ramba. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 8(1), 11.
- Tharmalingam, T., El-Sawah, M., Sensarma, P. K., Shabaka, A., Al-Ameri, A. H., & Nessim, A. (2017). Keyless pigging. *Society of Petroleum Engineers - SPE Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference 2017, 2017-Janua*.
- Tiratsoo, J. N. H. (1992). *Pipeline pigging technology*. Gulf, Houston, USA.
- Wahyu Darojad, M. (2017). *Analisa Kegagalan Sambungan Las Pipeline Carbon Steel A106 Grade B Ø 6" Di Sumur Neb#46 Petrochina International Jabung Informasi Artikel Abstrak: Vol. III (Issue 2)*.
- Wibowo, R., & Es, I. (2008). *Ikatan Ahli Teknik Perminyakan Indonesia Simposium Nasional dan Kongres X Makalah Profesional Upaya Peningkatan Produksi Sumur Bermasalah Scale. November*, 12–14.

Xing, L., Yeung, H., & Lo, S. (2011). Investigation of slug flow induced forces on pipe bends applying Star-Olga coupling. *15th BHR Group Multiphase Production Technology International Conference (Cannes, France, 6/15-17/2011) Proceedings, 1*, 327–344.

Xu, X.-X. (2005). Pigging simulation for horizontal gas-condensate pipelines with low-liquid loading. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 48(3–4), 272–280.

