

**ANALISIS PERBANDINGAN KEEKONOMIAN DESAIN  
PENGEBORAN SUMUR *SLIMHOLE* DAN SUMUR STANDAR  
PADA LAPANGAN PANAS BUMI MENGGUNAKAN METODE  
*NEW ZEALAND CODE 2015***

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan*

Oleh

**ARIF NURYADI**

**NPM 163210416**



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

**2021**

## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhana 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 mendapatkan gelar sarjana Teknik ini. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhammad Aryon, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk memberi arahan maupun masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ketua Prodi Ibu Novia Rita, S.T., M.T dan sekretaris program studi Bapak Tomi Erfando S.T., M.T serta dosen-dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan dukungan yang telah diberikan.
3. Kedua orang tua saya, Bapak Suyadi dan Ibu Muslimah beserta keluarga besar yang selalu memotivasi dan memberikan dukungan baik berupa do'a, moril, materil maupun finansial hingga saat ini.
4. M. Yudatama Hasibuan S.T selaku pembimbing lapangan yang sudah banyak menyediakan waktu, tenaga, dan fikiran untuk membantu dalam pengerjakan tugas akhir yang saya kerjakan.
5. Seluruh teman-teman Teknik Perminyakan angkatan 2016 terkhusus angkatan 2016 kelas C (PETROLEC) yang telah memberi semangat kepada saya dan sama-sama berjuang dari pertama kuliah.
6. Teman-teman saya SAHABAT BASCAME yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang selalu mendukung dan memberi motivasi disaat semangat saya mengerjakan skripsi sudah mulai berkurang.

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

Pekanbaru, 25 November 2021



Arif Nuryadi



## 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>ABSTRAK.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Pengeboran Panas Bumi.....	4
2.2. Jenis - Jenis Sumur Panas Bumi.....	4
2.3. Pengeboran Panas Bumi Di Indonesia.....	5
2.4. Sumur Standar.....	6
2.5. <i>Slimhole Drilling</i> .....	7
2.6. Perbandingan Sumur <i>Slimhole</i> Dan Sumur Standar.....	9
2.7. Metode <i>New Zealand Code 2015</i> .....	9
2.8. Penelitian Yang Akan Dilakukan.....	10
2.9. <i>State Of The Art</i> .....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>11</b>
2.1 Uraian Metodologi Penelitian.....	11
2.2 Metode Analisis Data.....	11

2.2.1	Penentuan Kedalaman <i>Casing</i> .....	11
2.2.2	Desain Program Pengeboran Sumur <i>Slimhole</i> dan Sumur Standar ..	11
2.3	<i>Flowchart</i> Penelitian.....	12
2.4	Jadwal Penelitian .....	13
2.5	Studi Lapangan .....	13
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>15</b>
4.1	Penentuan Kedalaman <i>Casing</i> .....	15
4.1.1	<i>Casing Section</i> .....	16
4.2	Waktu Pengeboran.....	18
4.3	Perbandingan Biaya Sewa Rig .....	19
4.4	Drilling Consumables .....	20
4.5	Fluida pemboran .....	21
4.6	Cementing Consumables .....	23
4.7	Diesel and Lubricating Oil .....	25
4.8	Cost of <i>Casing</i> and Wellhead .....	26
4.9	<i>Casing</i> Accessories and Consumables.....	27
4.10	Wellhead Equipment .....	30
4.11	Analisis Hasil .....	32
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>33</b>
5.1	Kesimpulan.....	33
5.1	Saran .....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>34</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>37</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Pemilihan ukuran <i>bit</i> dan <i>casing</i> (Kruszewski et al., 2017).....	8
<b>Gambar 3.1</b> Flowchart Penelitian.....	12
<b>Gambar 3.2</b> Lokasi <i>well-1</i> .....	14
<b>Gambar 3.3</b> Patahan pada sumur <i>well-1</i> .....	14



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Penelitian .....	13
<b>Tabel 4.1</b> <i>casing section</i> pada sumur standard.....	17
<b>Tabel 4.2</b> <i>casing section</i> pada sumur slimhole .....	17
<b>Tabel 4.3</b> total waktu pemboran sumur standard.....	18
<b>Tabel 4.4</b> total waktu pemboran sumur <i>slimhole</i> .....	19
<b>Tabel 4.5</b> perbandingan biaya sewa rig standar vs <i>slimhole</i> .....	20
<b>Tabel 4.6</b> sumur standar .....	20
<b>Tabel 4.7</b> sumur <i>slimhole</i> .....	21
<b>Tabel 4.8</b> <i>Drilling Mud</i> Sumur Standar.....	21
<b>Tabel 4.9</b> <i>Drilling Mud</i> sumur <i>slimhole</i> .....	22
<b>Tabel 4.10</b> <i>Drilling detergent</i> sumur standar .....	22
<b>Tabel 4.11</b> <i>Drilling detergent</i> sumur <i>slimhole</i> .....	22
<b>Tabel 4.12</b> cementing consumables sumur standar .....	23
<b>Tabel 4.13</b> <i>cementing consumables</i> sumur <i>slimhole</i> .....	24
<b>Tabel 4.14</b> <i>Cost of Cement Additives</i> sumur standar.....	25
<b>Tabel 4.15</b> <i>Cost of Cement Additives</i> sumur <i>slimhole</i> .....	25
<b>Tabel 4.16</b> <i>Diesel and lubricating oil</i> sumur standar .....	25
<b>Tabel 4.17</b> <i>Diesel and lubricating oil</i> sumur <i>slimhole</i> .....	26
<b>Tabel 4.18</b> Total biaya <i>casing</i> pada sumur standard .....	26
<b>Tabel 4.19</b> Total biaya <i>casing</i> pada sumur <i>slimhole</i> .....	27
<b>Tabel 4.20</b> <i>Casing accessories</i> sumur standar.....	27
<b>Tabel 4.21</b> <i>Casing accessories</i> sumur <i>slimhole</i> .....	29
<b>Tabel 4.22</b> <i>Wellhead Equipment</i> sumur standar .....	30
<b>Tabel 4.23</b> <i>Wellhead Equipment</i> sumur <i>slimhole</i> .....	31
<b>Tabel 4.24</b> total keseluruhan.....	31

## DAFTAR SINGKATAN

M	<i>Meter</i>
INC	<i>Inch</i>
HP	<i>Horse power</i>
USD	<i>Dollar AS</i>



Dokumen ini adalah Arsip Milik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**



## DAFTAR SIMBOL

OD	Diameter luar casing(inch)
ID	Diameter dalam casing(inch)
$T_1$	Temperature dalam casing ( $^{\circ}\text{C}$ )
$L_z$	Kedalaman casing (m)



**ANALISIS PERBANDINGAN KEEKONOMIAN DESAIN  
PENGEBORAN SUMUR *SLIMHOLE* DAN SUMUR STANDAR  
PADA LAPANGAN PANAS BUMI MENGGUNAKAN METODE  
*NEW ZEALAND CODE 2015***

**ARIF NURYADI**  
**163210416**

**ABSTRAK**

Biaya pemboran eksplorasi mencakup 30-50% dari total biaya eksplorasi pengembangan lapangan panas bumi, dan data yang digunakan masih sangat terbatas. Sehingga pemboran eksplorasi memiliki tingkat resiko yang tinggi, maka hal ini harus diminimalisir dengan mengurangi biaya pada kegiatan pemboran eksplorasi dimana salah satu metodenya dengan pemilihan desain *casing* yang tepat. Sumur panas bumi merupakan sumur yang didesain atau di kompleksi secara berdeda-beda tergantung pada sistem *geothermal* ataupun kegunaan sumur tersebut. Pengeboran panas bumi merupakan suatu metode untuk menentukan zona target yang di perkirakan memiliki cadangan atau sumber daya uap panas yang dapat berpotensi sebagai pembangkit listrik bertenaga panas bumi. Selain untuk menentukan zona yang di tuju dapat juga mengetahui keberadaan sumber panas ada beberapa aspek yang harus dilakukan selama proses pemboran berlangsung seperti *temperature* yang tepat akan digunakan sebagai pembangkit listrik, permeabilitas untuk mengalirkan fluida reservoir dan jenis fluida untuk fasilitas permukaan. Penelitian ini menggunakan tipe sumur panas bumi yaitu sumur standar dan sumur *slimhole* dengan berdasarkan ukuran casing standar sekitar 9 5/8” dengan kedalaman 1500 – 3000 meter dibawah permukaan dan sumur *slimhole* 9” serta kedalaman antara 1200 – 2300 meter dibawah permukaan. Dalam penelitian ini melakukan perbandingan untuk menghitung nilai keekonomian pada sumur standar dan sumur *slimhole* pada lapangan panas bumi berdasarkan metode *New Zealand code 2015*. Total biaya yang dibutuhkan untuk pengeboran dan kompleksi sumur well-1 lapangan X panas bumi menggunakan desain sumur standar sekitar \$ 5.901.685,25 sedangkan sumur *slimhole* menghabiskan biaya sekitar \$ 2.589.713,18 Oleh karena itu, pengeboran sumur *slimhole* dapat meminimalisir biaya dibanding sumur standar dan pengeboran sumur *slimhole* juga mendapatkan data yang lebih akurat.

**Kata Kunci:** Panas Bumi, Keekonomian, *New Zealand CODE 2015*

**ANALYSIS COMPARISON ECONOMIC OF SLIMHOLE WELL  
AND STANDARD WELL DRILLING DESIGN IN GEOTHERMAL  
FIELD USING NEW ZEALAND CODE 2015 METHOD**

**ARIF NURYADI**  
**163210416**

**ABSTRAK**

*Exploration drilling costs cover 30-50% of the total exploration for geothermal field development, and the data used is still very limited. So that exploration drilling has a high level of risk, then this must be minimized by reducing costs in exploration drilling activities where one of the methods is the selection of the right casing design. Geothermal wells are wells that are designed or completed differently depending on the geothermal system or the use of the well. Hot drilling is a method to determine the target zone which is estimated to have reserves or hot steam resources that can potentially be used as geothermal power plants. In addition to determining the destination zone, you can also find out the presence of a heat source, there are several aspects that must be carried out during the drilling process, such as the right temperature to be used as a power plant, the permeability to flow reservoir fluids and the type of fluid for surface facilities. This study uses types of geothermal wells, namely standard wells and slimhole wells based on a standard casing size of about 9 5/8" with a depth of 1500 – 3000 meters below the surface and a slimhole well 9" and a depth of between 1200 – 2300 meters below the surface. In this study, a comparison is made to calculate the economic value of standard wells and slimhole wells in geothermal fields based on the New Zealand code 2015 method. The total cost required for drilling and completion of well-1 well-1 in geothermal field using a standard well design is around USD 5,901. 685.25 while slimhole wells cost around USD 2,589,713.18 Therefore, drilling slimhole wells can minimize costs compared to standard wells and drilling slimhole wells also gets more accurate data.*

**Keywords:** *Geothermal, Economy, New Zealand CODE 2015*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemboran eksplorasi merupakan suatu kegiatan penting sebelum dilakukan pengembangan suatu lapangan panas bumi. Pengeboran adalah suatu kegiatan membuat lubang sumur dengan kedalaman dan diameter yang sudah ditentukan untuk membuktikan ada atau tidaknya hidrokarbon. Sumur panas bumi merupakan sumur yang di desain atau di kompleksi secara berdeda-beda tergantung pada sistem *geothermal* ataupun kegunaan sumur tersebut (Adityatama, Purba, & Muhammad, 2019)(Bronicki, 2016). Sumur panas bumi menyediakan akses yang memungkinkan banyak pengujian langsung dan pengukuran dikondisi kedalaman. Pengeboran panas bumi merupakan suatu metode untuk menentukan zona target yang di perkirakan memiliki cadangan atau sumber daya uap panas yang dapat berpotensi sebagai pembangkit listrik bertenaga panas bumi (Van der Meer et al., 2014)(Barbier, 2002). Selain untuk menentukan zona yang dituju dapat juga mengetahui keberadaan sumber panas. Ada beberapa aspek yang harus dilakukan selama proses pemboran berlangsung seperti *temperature* yang tepat akan digunakan sebagai pembangkit listrik, permeabilitas untuk mengalirkan fluida reservoir dan jenis fluida untuk fasilitas permukaan (Adityatama et al., 2020). Mahalnya biaya pengeboran panas bumi, menjadi salah satu hal yang sangat dipertimbangkan terkait kegiatan eksplorasi sumber daya panas bumi terkait dengan ketersediaan data dan biaya dalam melakukan pengeboran. Oleh karena itu, jenis sumur yang akan digunakan dalam pengeboran eksplorasi panas bumi akan sangat berpengaruh pada kegiatan pengembangan lapangan unntuk meminimalisir resiko kegagalan pada sumur panas bumi. Analisis keekonomian perlu diperhatikan mengingat biaya pada pengeboran sumur panas bumi jauh lebih besar dibandingkan pengeboran sumur minyak dan gas.

Pemboran sumur *slimhole* telah lama digunakan dalam eksplorasi industri panas bumi sebagai reservoir *asesment*, namun penggunaannya masih sangat terbatas pada pemboran panas bumi. Penggunaan sumur *slimhole* sebagai pengujian reservoir memiliki tingkat akurasi yang lebih akurat di bandingkan lubang pemboran yang lebih besar, dan biaya dengan menggunakan *slimhole* lebih murah dan juga dapat mengetahui tekanan dan *temperature* di bawah permukaan menggunakan alat logging yaitu *Pressure Temperature Spinner* (PTS) (Maina, n.d.)(Hinz, Cumming, & Sussman, 2018).

Ada beberapa yang dapat membedakan dari sumur standar dan sumur *slimhole* salah satunya dapat dilihat dari ukuran *casing*. Sumur standar memiliki ukuran diameter *casing* sekitar 9 5/8", sedangkan ukuran *casing* pada sumur *slimhole* memiliki ukuran yang relatif kecil di banding sumur standar yaitu dengan diameter 9" (Hasibuan, Fitrianti, & Adityatama, 2020)(Finger & Jacobson, 1999). Perbedaan lainnya dapat dilihat dari kedalaman masing - masing sumur, sumur standar memiliki kedalaman sumur mencapai kurang lebih antara 1500-3000 meter dibawah permukaan, sedangkan sumur *slimhole* memiliki kedalaman antara 1200–2300 (Nielson & Garg, 2016)(Khaemba, 2014). Perbedaan waktu pemboran sumur standar memiliki waktu yang lebih lama di bandingkan sumur *slimhole* karena sumur standar membutuhkan alat yang lebih banyak dan besar (Adityatama et al., 2019). Pada penggunaan sumur *slimhole* dapat digunakan sebagai pengujian reservoir yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan biayanya lebih murah sedangkan pada penggunaan sumur standar dapat digunakan sebagai pengujian reservoir yang tidak terlalu akurat dan biayanya lebih mahal dibanding sumur *slimhole* (Hinz et al., 2018).

Prinsip dasar ekonomi adalah mendapatkan keuntungan yang semaksimal mungkin dengan pengeluaran seminimal mungkin. Prinsip ini dijalankan perusahaan secara berkelanjutan agar dapat mencapai tujuan tersebut dengan membuat keputusan serta kebijakan yang tepat (Hinz et al., 2018).

Peneliti akan menghitung biaya dari kegiatan desain sumur *slimhole* dan sumur standar pada kegiatan eksplorasi. Hal tersebut dapat dijadikan acuan pada perusahaan panas bumi untuk melakukan pengembangan lapangan. Metode yang

digunakan dalam analisis pengeboran menggunakan metode *New Zealand code* 2015, dimana metode ini adalah standar dalam pengeboran sumur panas bumi. Metode *Standar New Zealand Code* 2015 merupakan hasil pembaruan dari metode *Standar New Zealand Code* 1991. Sehingga dalam penggunaan *Standar New Zealand Code* 2015 memiliki hasil yang lebih spesifik dan terfokus pada pengembangan tenaga listrik panas bumi.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendesain sumur standar dan sumur *slimhole* menggunakan metode *New Zealand code* 2015 serta menentukan biaya pengeboran sumur standar dan sumur *slimhole*.
2. Menentukan desain sumur yang lebih ekonomis untuk di terapkan pada sumur Well-1 lapangan X pada panas bumi.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui biaya perbandingan sumur standar dan sumur *slimhole*, dimana penelitian ini bisa lebih bermanfaat bagi perusahaan sebagai evaluasi sebelum melakukan pengeboran agar mendapatkan hasil yang lebih ekonomis dan menjadikan penelitian ini sebagai acuan referensi penelitian-penelitian selanjutnya.

## 1.4 Batasan Masalah

Agar tugas akhir tidak menyimpang dari tujuan penelitian ini, Peneliti tidak menghitung indikator keekonomian karena penelitian hanya berfokus pada analisis perbandingan biaya keekonomian desain sumur *slimhole* dan standar.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

“Dan Dia menundukkan apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi untukmu semuanya (sebagai rahmat) dari-Nya. Sungguh, dalam hal yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berpikir” (Q.S. Al-Jasyiah ayat 13).

#### **2.1. Pengeboran Panas Bumi**

Pengeboran panas bumi merupakan satu-satunya sumber energi yang terbaru yang menunjukkan peran dalam pembaruan sumber energi primer. Resiko utama pada perkembangan energi panas bumi dapat dikategorikan menjadi dua resiko. Resiko pertama adalah resiko yang terkait dengan sumber daya atau cadangan yang terkandung didalam suatu reservoir panas bumi, dimana temperatur dan reservoir menjadi pertimbangan utama. Resiko kedua adalah berbagai resiko yang terkait insfrasrtuktur pendukung pengeboran, potensi masalah dalam operasi pengeboran diantaranya aspek lingkungan, dan masalah pada masyarakat setempat. Suatu proyek pengembangan lapangan panas bumi memiliki beberapa tahapan yaitu eksplorasi, evaluasi, dan pengembangan (Muharram, 2016). Setiap tahapan yang dilakukan memiliki tujuan pengeboran yang bervariasi sehingga memerlukan tahapan yang berbeda untuk meminimalkan resiko. Pertimbangan yang terutama didasarkan beberapa faktor-faktor sperti keadaan dibawah permukaan, lingkungan, biaya pengeboran dan kontruksi insfrastruktur pendukung (Axelsson, 2013).

#### **2.2. Jenis - Jenis Sumur Panas Bumi**

Menurut (Axelsson, 2013) jenis jenis sumur panas bumi yaitu :

##### **1. Sumur Gradien Suhu**

Sumur gradien suhu umumnya ramping dan cukup dangkal, dan memiliki kedalaman kurang lebih 50 m, tujuan utama adalah untuk mempelajari kondisi

suhu dangkal (gradien suhu) dan memperkirakan aliran panas.

2. Sumur Eksplorasi

Tujuan utamanya adalah untuk mempelajari kondisi suhu, permeabilitas. Sumur eksplorasi bisa disebut juga sebagai sumur ramping dengan diameter <15cm. Tujuannya untuk mengeksplorasi pada kedalaman sumur.

3. Sumur Produksi

Sumur produksi adalah sumur yang di bor dengan tujuannya untuk memungkinkan energi panas bumi dari reservoir panas bumi.

4. Sumur *Step-out*

Sumur *step-out* adalah eksplorasi atau produksi yang dibor untuk mengetahui luasnya dari reservoir panas bumi yang telah di konfirmasi.

5. Sumur *Make-up*

Sumur *make-up* adalah sumur produksi yang dilakukan pengeboran didalam reservoir yang telah dikonfirmasi sebagai produksi panas bumi.

6. Sumur Injeksi

Sumur injeksi digunakan mengembalikan energi yang telah habis ke sistem panas bumi agar bisa mengembalikan energi seperti semula. Lokasi sumur injeksi bervariasi karena reinjeksi dapat di terapkan didalam reservoir produksi.

7. Sumur Monitor

Sumur monitor digunakan untuk membantu perubahan dalam sistem panas bumi dari berbagai perubahan tekanan dan suhu.

8. Sumur *Unconventional*

Sumur *unconventional* adalah sumur dengan desain *non-conventional* atau sumur yang di bor menjadi bagian dari sistem panas bumi yang umumnya tidak digunakan sebagai produksi energi.

### 2.3. Pengeboran Panas Bumi Di Indonesia

Energi panas bumi di indonesia mulai dikembangkan pada tahun 1918 atas usulan J.B Van Dijk. Proyek panas bumi pertama ini memanfaatkan sumber energi



panas bumi di kawah kamojang, jawa barat. Dari lima pengeboran yang dilakukan sampai tahun 1928, kawah kamojang baru menghasilkan uap pada tahun 1926 yang berasal dari sumur yang ke-3 dengan kedalaman 66 meter, hingga sampai saat ini sumur ke-3 masih menghasilkan uap kering dengan suhu 140°C dan tekanan 2,5 atmosfer. Dari tahun 1928 sampai dengan tahun 1963 kegiatan panas bumi terhenti dan baru dimulai kembali pada tahun 1964. Di Indonesia memiliki potensi panas bumi terbesar di dunia. Sampai pada tahun 2017, total kapasitas yang terpasang pembangkit listrik panas bumi adalah 1.698,5 *Megawatt Electric* (Mwe). Dimana kapasitas yang sudah terpasang masih sangat rendah dibandingkan dengan potensi panas bumi di indonesia yang mencapai (5,9%) (Adityatama et al., 2019). Pengeboran panas bumi di indonesia dimungkinkan untuk dilakukan dikarenakan di Indonesia terletak di pertemuan tiga lempeng besar (Eurasia, Hindia-Australia dan Pasifik) yang mengakibatkan indonesia memiliki tatanan tektonik yang kompleks (Basid, Andrini, & Arfiyaningsih, 2014)

#### 2.4. Sumur Standar

Sumur standar pada panas bumi merupakan komponen fundamnetal dalam penelitian dan pemanfaatan panas bumi serta peningkatan pemahaman sistem panas bumi. Sumur panas bumi menyediakan akses yang memungkinkan banyak pengujian langsung dan pengukuran dikondisi kedalaman. Sumur pemboran standar panas bumi memiliki kedalaman 1500-300 meter. Sumur panas bumi memerankan peran yang variabel selama pengembangan sumber daya panas bumi dan selama pemanfatannya. Peran utama dari sumur panas bumi yaitu sabagai gradien suhu, eksplorasi, penilaian produksi, atau sebagai monitor sumur (Maikobi, n.d.)(Axelsson, 2013).

Pada saat melakukan pemboran sumur standar memiliki beberapa kekurangan antara lain yaitu:

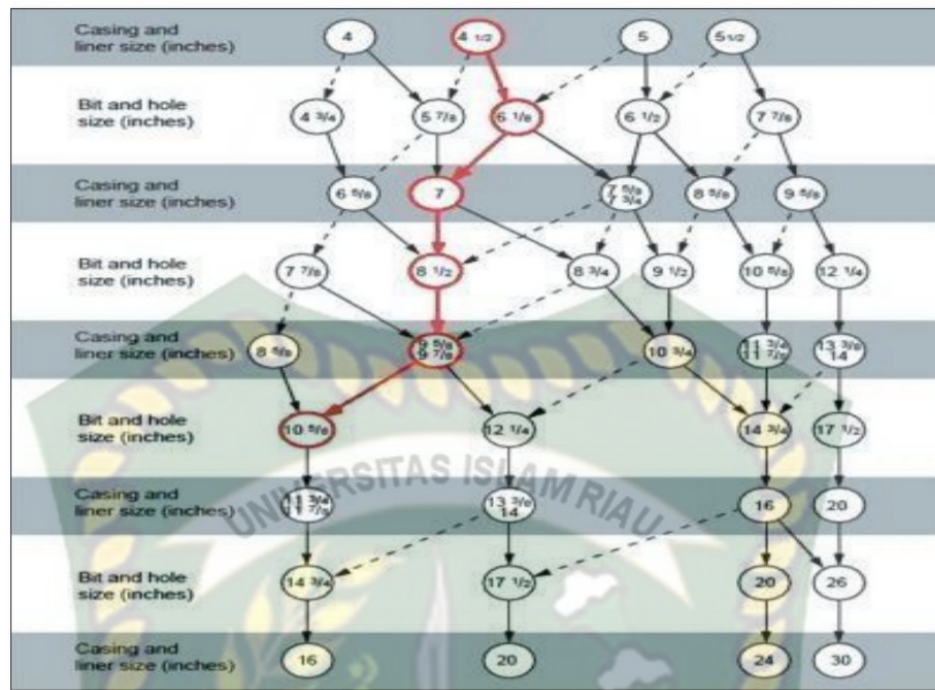
- a. Biaya yang di keluarkan lebih banyak.
- b. Mobilisasi yang lengkap sehingga memerlukan lahan yang luas.
- c. Memerlukan *formation imaging*.

Adapun kelebihan dari sumur pemboran standar yaitu antara lain:

1. Laju penetrasinya kencang sama dengan metode konvensional
2. Lebih mudah mencapai kedalaman yang diharapkan.
3. Sumur dapat digunakan sebagai sumur produksi dan juga sumur monitor.

### 2.5. *Slimhole Drilling*

*Slimhole drilling* sudah lama dilakukan untuk kegiatan eksplorasi pengembangan dalam dunia *geothermal*. Penggunaan sumur *slimhole* sebagai pengujian reservoir memiliki tingkat akurasi yang lebih akurat di bandingkan lubang pemboran yang lebih besar, dan biaya dengan menggunakan *slimhole* lebih murah. Pada pemboran *slimhole* dapat memilih ukuran *casing* dan ukuran *bit* yang tepat. Sehingga pemilihan ukuran *bit* dan *string* merupakan sesuatu hal yang penting agar dapat lebih menyesuaikan suatu program yang sudah di rencanakan (Kaldal, Jónsson, Pálsson, & Karlsdóttir, 2013). Pemilihan *bit* dan *string* untuk sumur *slimhole* harus mengikuti standar sertifikasi API edisi ke 5, dimana ukuran *casing* linear tidak boleh lebih besar dari lubang pemboran. Ketika terjadi suatu permasalahan pada pemboran sumur *slimhole*, seperti adanya *unconsolidated formation* atau *collapsing formation* (Randolph & Jourdan, 1991). Pada saat terjadi masalah tersebut *geologist* akan menentukan kapan akan dilakukan penambahan *casing string* atau bahkan harus mengetahui lapisan yang cukup kuat untuk menahan *casing* (Hinz et al., 2018)(Samura, 2018). Pada formasi yang memiliki permeabilitas rendah, ukuran lubang bor tidak begitu berpengaruh terhadap laju aliran fluida. Akan tetapi pada saat permeabilitas yang besar *friction loss* akan dapat terjadi pada casing. Maka dari itu pemboran *slimhole* akan memberikan informasi yang lebih akurat terkait dengan produktivitas reservoir (Kruszewski, Thorhallsson, Assadi, & Śliwa, 2017).



**Gambar 2.1** Pemilihan ukuran *bit* dan *casing* (Kruszewski et al., 2017)

Pada saat melakukan pemboran *slimhole* memiliki beberapa kekurangan antara lain yaitu:

1. Laju penetrasi yang sangat lambat di bandingkan metode konvensional.
2. Sulit untuk mencapai kedalaman yang di harapkan karena ukuran annulus yang sangat kecil di bandingkan metode konvensional.
3. Tidak dapat digunakan sebagai sumur produksi ketika sumur telah di kompleksi (Adityatama et al., 2020).

Adapun kelebihan dari pemboran *slimhole* yaitu antara lain :

1. Biaya yang dikeluarkan lebih murah.
2. *Well control* lebih mudah.
3. Mobilisasi yang cepat dan tidak memerlukan lahan yang begitu luas.
4. Tidak perlu memerlukan *formation imaging*.

## 2.6. Perbandingan Sumur *Slimhole* Dan Sumur Standar

### 1. Kedalaman Sumur

Pada suatu sumur standar memiliki suatu kedalaman di antaranya mencapai antara 1500 - 3000 meter di bawah permukaan dimana sumur *slimhole* memiliki kedalaman bersekitar 1200 - 2300 dibawah permukaan (Nielson & Garg, 2016)(Adityatama et al., 2019)(Thorhallsson & Gunnsteinsson, 2012).

### 2. Waktu Untuk Persiapan Pemboran

Pada sumur standar membutuhkan waktu pemboran yang lebih lama karena memerlukan peralatan yang lebih banyak ketimbang sumur yang lebih kecil (Adityatama et al., 2019).

### 3. Total Biaya/Meter

Pada saat estimasi biaya pada sumur standar sekitar US\$ 2500- 4000/ meter. Sedangkan pada pemboran *slimhole* biaya yang di dapat yaitu mencapai US\$ 400-1000/meter (Delahunty, Nielson, & Shervais, 2012)(Adityatama et al., 2019).

## 2.7. Metode *New Zealand Code 2015*

Pada penelitian kali ini, peneliti akan menggunakan standar *New Zealand Code 2015* sebagai acuan desain sumur, dimana hasil desain pada sumur standar dan sumur *slimhole* pada panas bumi. *NZS 2403:2015 code of practice for deep geothermal well* merupakan standar terbaru yang telah direvisi dimana sebelumnya yaitu *NZS 2403:1991* dimana untuk memastikan desain sumur yang lebih aman, spesifikasi, yang terfokus pada pengaruh tenaga listrik panas bumi (*NZS 2015*). Bagaimanapun, metode *NZS 2403:1991* berpatokan pada metode yang biasa digunakan dalam industri minyak dan gas. Pada pengeboran panas bumi, terdapat 3 kerusakan secara mekanik pada *casing* yang mempengaruhi desain dari *string casing*. *NZS 2015* telah melakukan revisi terkait perhitungan analisis sesuai dengan minimum desain faktor agar tidak terjadi kerusakan pada *casing*. Metode ini banyak digunakan oleh kontraktor, operator, dan pemerintah sebagai regulasi terkait manajemen sumur panas bumi termasuk manajemen lingkungan dan keamanan.

## 2.8. Penelitian Yang Akan Dilakukan

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis perbedaan biaya yang akan digunakan selama pengeboran. Penelitian ini akan menjadi acuan dalam penentuan jenis sumur yang akan digunakan bagi perusahaan. Dalam melakukan desain sumur, Peneliti menggunakan *Standard New Zealand Code 2015* sebagai acuan standar pengeboran sumur panas bumi.

## 2.9.State Of The Art

1	Judul	<i>Use of deep slimhole drilling for geothermal exploration</i>
	Penulis	(Mackenzie et al., 2017)
	Metode	Peneliti memamparkan keuntungan dan kerugian menggunakan pemboran <i>slimhole</i> pada kegiatan eksplorasi <i>geothermal</i> dengan menggambarkan setiap peralatan yang digunakan selama kegiatan pemboran berlangsung. Peneliti menggunakan beberapa <i>case study</i> terhadap lapangan yang menggunakan pemboran <i>slimhole</i> pada kegiatan eksplorasi.
	Hasil	Penulis memberikan beberapa analisa perbandingan terkait penggunaan pemboran <i>slimhole</i> untuk kegiatan eksplorasi panas bumi. Dimana penggunaan <i>slimhole</i> lebih menguntungkan untuk meminimalisir kegagalan pada kegiatan pemboran panas bumi.
2	Judul	<i>Design of slim well drilling programme for geothermal exploration case of Ngozi, Tanzania</i>
	Penulis	(Hinz et al., 2018)
	Metode	Penulis melakukan analisis terkait program yang akan dilakukan untuk pengembangan pemboran lubang kecil pada lapangan Ngozi seperti pemilihan <i>rig</i> , ukuran dan jenis <i>casing</i> .
	Hasil	Penggunaan sumur pemboran menggunakan lubang kecil memberikan biaya yang relatif murah, waktu yang lebih singkat, dan lebih ramah lingkungan dari pada konvensional.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Uraian Metodologi Penelitian

Pada penelitian kali ini, peneliti akan menggunakan data skunder untuk melakukan analisis keekonomian pada sumur *slimhole* dan sumur standar pada lapangan panas bumi. Sebagai panduan, peneliti akan menggunakan metode standar NEW ZEALAND CODE 2015 sebagai acuan dalam menentukan desain sumur standar dan sumur *slimhole*. NEM ZEALAND CODE 2015 adalah metode yang banyak digunakan untuk program pemboran dan desain sumur panas bumi. NEW ZEALAND CODE 2015 merupakan hasil revisi lanjutan dari metode NEW ZEALAND CODE 1991 untuk industri panas bumi. Selanjutnya, peneliti akan menggunakan desain sumur yang telah dibuat untuk mempertimbangkan keekonomian sumur standar dan sumur *slimhole*.

### 2.2 Metode Analisis Data

#### 2.2.1 Penentuan Kedalaman *Casing*

Pada penelitian kali ini untuk melakukan kedalaman casing menggunakan pendekatan NZ code 2015 dengan menggunakan data tekanan dan *temperature* lapangan, data tersebut dapat digunakan untuk menganalisa data tekanan hidrostatik yang didapat pada *Standar New Zealand Code 2015* (Hinz et al., 2018)(Sahbudin, Komar, & Amin, 2014).

#### 2.2.2 Desain Program Pengeboran Sumur *Slimhole* dan Sumur Standar

Peneliti menggunakan pendekatan *New Zealand Code 2015* dalam melakukan desain casing, dimana pendekatan *New Zealand Code 2015* (Dumas, Antics, & Ungemach, 2013)(Hole, 2008) memiliki beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung beberapa faktor yang mempengaruhi desain casing suatu sumur.

### 2.3 Flowchart Penelitian



**Gambar 3.1** Flowchart Penelitian

## 2.4 Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilakukan dimulai bulan Maret – Agustus 2021. Adapun jadwal penelitian dapat dilihat dari tabel berikut.

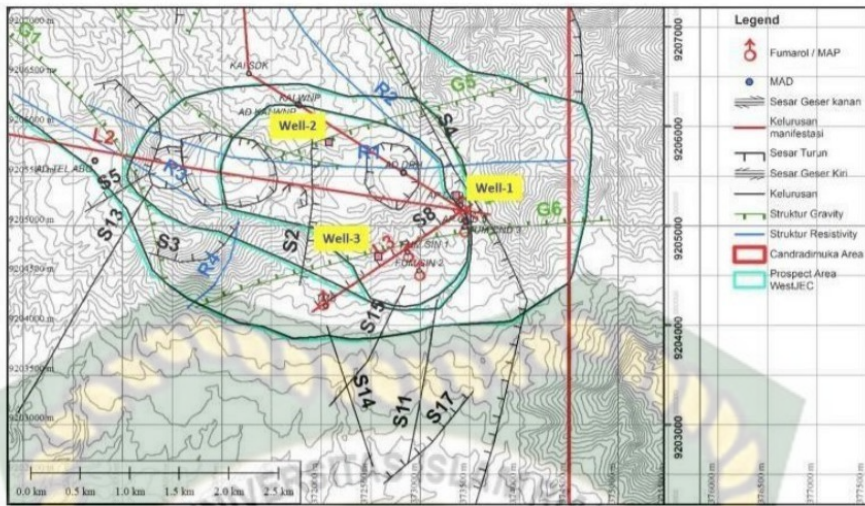
**Tabel 3.1** Jadwal Penelitian

Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Bulan)								
	Tahun 2021								
	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	september	oktober	November
Studi Literatur									
Seminar Proposal									
Pengumpulan Dan Perolehan Data									
Pengolahan Data									
Sidang Tugas Akhir									

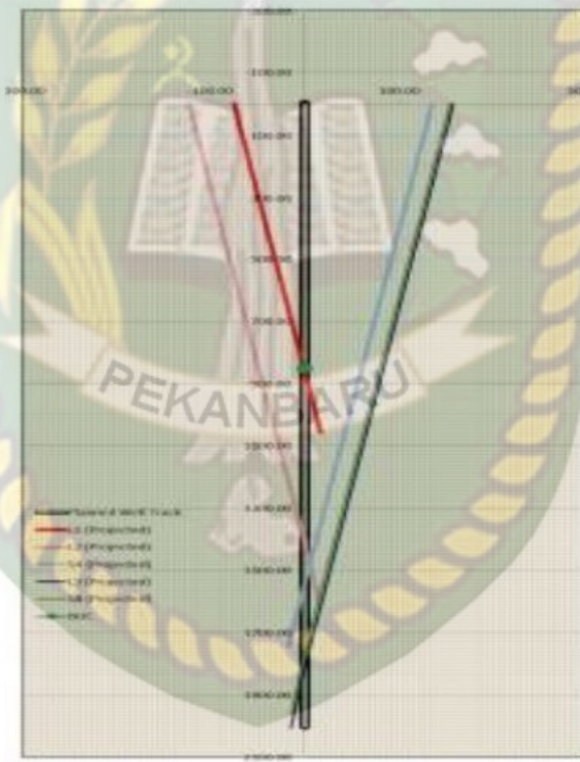
## 2.5 Studi Lapangan

Sumur *well-1* merupakan sumur eksplorasi pertama pada lapangan X. Apabila pengeboran pada sumur *well-1* berhasil, data yang didapat pada sumur *well-1* akan digunakan sebagai rujukan untuk pengeboran sumur *well-2* dan *well-3* sebelum dilakukan pengembangan pada lapangan X. Pada gambar 1 menunjukkan 3 sumur yang akan dilakukan pengeboran eksplorasi pada lapangan X. Kedalaman reservoir pada lapangan X diprediksi mulai dari 1250 meter dengan ketebalan sekitar 1000 meter. Berdasarkan model konseptual, *temperature* reservoir sekitar 250°C dengan minimum dan maksimum temperatur adalah 220°C dan 280°C.





Gambar 3.2 Lokasi well-1



Gambar 3.3 Patahan pada sumur well-1

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumur *well-1* merupakan sumur eksplorasi pertama pada lapangan X. Apabila pengeboran pada sumur *well-1* berhasil, data yang didapat pada sumur *well-1* akan digunakan sebagai rujukan untuk pengeboran sumur *well-2* dan *well-3* sebelum dilakukan pengembangan pada lapangan X. pada penelitian ini analisis dilakukan untuk menentukan jenis sumur eksplorasi dengan menganalisis perbandingan dari segi keekonomian pada sumur standar dan sumur *slimehole*. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui sumur mana yang lebih ekonomis diterapkan di lapangan X tersebut sehingga sumur *well-1* tersebut nantinya akan dijadikan sebagai acuan untuk pengembangan lapangan X selanjutnya.

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan total biaya yang diperlukan pada peboran eksplorasi dengan menggunakan sumur standar dan *slimehole* dimana parameter yang peneliti bandingkan berdasarkan lama waktu pemboran pada sumur standar dan *slimehole* terhadap *cost* sewa *rig*, *size casing* dan total semen yang digunakan saat pemboran dan kompleksi sumur di lapangan X. Selanjutnya hasil analisis dari perbandingan kedua jenis sumur tersebut dijadikan acuan untuk pemboran eksplorasi sumur-sumur selanjutnya di lapangan X.

### 4.1 Penentuan Kedalaman *Casing*

Pada penentuan kedalaman casing menggunakan standar NZS Code 2015 dengan menggunakan data kurva *boiling point pressure* dan *temperature*, kemudian menarik garis straight line antara *effective containment pressure* yaitu tekanan rekah terhadap kedalaman dan *maximum design pressure* yaitu tekanan hidrostatik pada saat *boiling point depth* terhadap kedalaman.



Untuk menentukan ukuran diameter casing dapat menggunakan gambar 2.3, sehingga berdasarkan analisa gambar 2.1 dan kurva gambar 4.2. Maka penentuan kedalaman casing sebagai berikut.

#### 4.1.1 Casing Section

Pada casing section ini terdapat data dari sumur standar dan juga sumur *slimhole* dimana data dapat dilihat dari table berikut. Dimana sumur standar memiliki ukuran yang lebih besar dari segi hole dan casing dan juga dimana pada sumur standar terdapat *optional perforated linier* sedangkan di sumur *slimhole* tidak memiliki *optional perforated linier* itu yang membedakan pada kedua sumuir tersebut.

**Tabel 4.1** casing section pada sumur standard

Casing Section	Hole, (inc)	Casing, (inc)	Depth, (m)
Conductor Casing	30	30	25
Surface Casing	26	20	150
Intermediate Casing	17 1/2	13 3/8	340
Production Casing	12 1/4	9 5/8	890
Perforated Linear	8 1/2	7	1450
Optional Perforated Linear	6 3/8	4 1/2	2000

**Tabel 4.2** casing section pada sumur slimhole

Casing Section	Hole, (inc)	Casing, (inc)	Depth, (m)
Conductor Casing	12 1/4	9 5/8	25
Surface Casing	12 1/4	7	120
Intermediate Casing	6 1/8	5 1/2	340
Production Casing	7 4/5	4 1/2	890
Perforated Linear	3 5/7	7	2000
-	-	-	-

## 4.2 Waktu Pengeboran

Dalam pengeboran sumur standar menggunakan Rig 750 HP dimana untuk melakukan pengeboran dan kompleksi sumur standar memerlukan waktu 84 hari. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel-1 untuk total waktu pemboran sumur standar. Sedangkan untuk sumur *slimhole* menggunakan Rig 350 HP dimana untuk melakukan pengeboran dan kompleksi sumur *slimhole* memerlukan waktu 74 hari. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel-2 waktu pemboran sumur *slimhole*.

**Tabel 4.3** total waktu pemboran sumur standard

Criteria Section	Hole, (inc)	Depth (m)		Duration (days)
		from	to	
Conductor Casing	30	0	25	1
Drill 26"	26	25	120	2.4
Surface Casing & Cementing		0	120	4.0
Drill 17 1/2"	17 1/2	120	340	5.7
Intermediate Casing & Cementing		0	340	4.0
Drill 12 ¼	12 ¼	340	890	11.9
Production Casing & Cementing		0	890	4.0
Perforated Linear	8 ½	890	1450	17.1
Casing Linear		0	1450	4.0
Optional Perforated Linear	6 3/8	1450	2000	23.0
Casing Perforated Linear		0	2000	4.0
Completion Test				2.0
Rig Release				1.0
<b>Total</b>				<b>84.0</b>

**Tabel 4.4** total waktu pemboran sumur *slimhole*

Criteria Section	Hole	Depth (m)		Duration (days)
		from	to	
Conductor Casing	9 5/8	0	40	1
Coring		0	150	1.50
Enlarge 7" Hole	7	40	150	2.0
Surface Casing & Cementing		0	150	2
Coring		150	320	2.9
Enlarge 5-1/2" Hole	5-1/2"	150	320	3.8
Inter. Casing & Cementing		0	318.5	2.0
Coring		320	850	10.0
Enlarge 4-1/2" Hole	4-1/2"	320	850	6.1
Production Casing & Cementing		0	888.5	2
Coring		850	2000	23.5
Drill 3 1/2 Inc	3-1/2"	850	2000	13.3
Perforated Linear Casing			-	2.0
Completion Test				2.0
Rig Release				0.5
<b>Total</b>				<b>74.6</b>

### 4.3 Perbandingan Biaya Sewa Rig

Pada sumur standar menggunakan ukuran rig dengan Horsepower 750 HP dengan lama waktu pengeboran selama 84 hari dengan biaya 70 USD/HP selama sehari. sehingga total biaya yang dibutuhkan untuk sewa rig sebesar USD\$ 4.408.984,79. Sedangkan untuk rig yang digunakan pada sumur *slimhole* adalah jenis rig mobile dengan 250 HP dengan lama waktu pengeboran selama 74 hari dengan biaya yang sama dengan sumur standar yaitu 70 USD/HP selama sehari. Sehingga total biaya yang dibutuhkan untuk sewa rig sebesar US\$ 1.827.895,28.

**Tabel 4.5** perbandingan biaya sewa rig standar vs *slimhole*

<b>Rigcost</b>	<b>Total Cost (USD)</b>
<b>STANDARD</b>	\$ 4.408.984,79
<b>SLIMHOLE</b>	\$ 1.827.895,28

#### 4.4 Drilling Consumables

*Drilling Consumables* adalah penggunaan ukuran bit dalam melakukan pengeboran pada section tertentu dan berapa banyak bit yang digunakan. Untuk sumur standar dapat dilihat pada gambar x dengan total biaya USD 100.000,00 dengan 6 jumlah bit yang digunakan. Sedangkan untuk sumur *slimhole* sendiri \$USD 56.525,00 dengan jumlah bit yang digunakan sebanyak 7. Penggunaan bit sangat bergantung pada life time per kedalaman dari bit tersebut.

**Tabel 4.6** sumur standar

Rock Bit	Life (m)	No	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
26	140	1	\$30.000,00	\$ 30.000,00
17 ½	300	1	\$25.000,00	\$ 25.000,00
12 ¼	350	2	\$15.000,00	\$ 30.000,00
8 ½	400	1	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00
6 3/8	400	1	\$7.000,00	\$ 7.000,00
Total	\$			100.000,00

**Tabel 4.7** sumur *slimhole*

Rock Bit	Life (m)	No	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
12 ¼	350	2	\$ 15.000,00	\$ 30.000,00
6 1/8	400	1	\$ 7.000,00	\$ 9.275,00
7 4/5	500	2	\$ 5.000,00	\$ 11.500,00
3 5/7	500	2	\$ 2.500,00	\$ 5.750,00
Total	\$			56.525,00

#### 4.5 Fluida pemboran

Untuk data fluida pemboran yang digunakan sebanyak 39,64 Ton untuk sumur *slimhole* dengan total biaya yang diperlukan sekitar USD 31.712,19 dan USD 25.169 detergen yang digunakan. Sedangkan untuk sumur standar sebanyak 101,11 Ton dengan total biaya USD 80.887,03 USD dan USD 59.980,66 untuk detergen yang digunakan.

**Tabel 4.8** *Drilling Mud* Sumur Standar

Data Casing	Depth		Capacity	Total mud weight	Cost per tone	Total cost
	Form(m)	To(m)	Hole (l/m)	(Ton)	(USD)	(USD)
Surface Casing	25	150	320,05	51,56	\$ 800,00	\$ 41.246,50
Intermediate Casing	150	340	132,84	49,55	\$ 800,00	\$ 39.640,53
Production Casing	340	890	53,76			
Perforated Linear	890	1450	26,33			
Optional Perforated Linear	1450	2000	8,91			
TOTAL						\$ 80.887,03



**Tabel 4.9** *Drilling Mud* sumur *slimhloe*

Data Casing	Depth		Capacity	Total mud weight	Cost per tonne	Total cost
	Form(m)	To(m)	Hole (l/m)	(Ton)	(USD)	(USD)
Surface Casing	25	120	26,33	19,89	\$ 800,00	\$ 15.908,97
Intermediate Casing	120	340	8,74	19,75	\$ 800,00	\$ 15.803,22
Production Casing	340	890	8,00			
Perforated Linear	890	2000	5,70			
	-	-	-			
<b>TOTAL</b>						\$ 31.712,19

**Tabel 4.10** *Drilling detergent* sumur standar

Casing	Form (m)	To (m)	Usage (l/day)	Total Usage	Unit Cost (USD)	Total (USD)
Surface Casing	25	150	420,00	1008,00	\$ 500,00	\$ 2.400,00
Intermediate Casing	150	340	420,00	2380,00	\$500,00	\$ 5.666,67
Production Casing	340	890	420,00	4984,00	\$500,00	\$ 11.866,67
Perforated Linear	890	1450	420,00	7164,71	\$500,00	\$ 17.058,82
Optional Perforated Linear	1450	2000	420,00	9655,17	\$500,00	\$ 22.988,51
<b>Total</b>						\$ 59.980,66

**Tabel 4.11** *Drilling detergent* sumur *slimhole*

Casing	Form (m)	To (m)	Usage (l/day)	Total Usage	Unit Cost (USD)	Total (USD)
Surface Casing	25	120	420,00	840,00	\$ 500,00	\$ 2.000,00

Intermediate Casing	120	340	420,00	1581,18	\$ 500,00	\$ 3.764,71
Production Casing	340	890	420,00	2550,00	\$ 500,00	\$ 6.071,43
Perforated Linear	890	2000	420,00	5600,00	\$ 500,00	\$ 13.333,33
-	-	-	-	-	-	-
Total						\$ 25.169,47

#### 4.6 Cementing Consumables

Pada proses penyemenan pada sumur pemboran dimana pada sumur standar menggunakan 163,5 ton semen dengan total biaya USD 40.874, 83 dan ada tambahan beberapa additive dimana total additive yang digunakan pada sumur standar sekitar 0.5% *additive* nya dengan total biaya mencapai USD 7.847,97. Dimana pada pemboran sumur *slimhole* menggunakan jumlah semen sekitar 25,336 ton dengan total biaya mencapai USD 6,334,00 dan additive yang digunakan sekitar 0,31% dengan biaya yang mencapai USD 932,36. Dimana pada proses *cementing* menggunakan *additive retarder* dimana disini retarder memiliki fungsi untuk memperlambat waktu pengerasan semen, sehingga waktu pemompaan dapat diperpanjang.

**Tabel 4.12** cementing consumables sumur standar

Casing	Depth (m)	Capacity (l/m)	Excess (50%)	Total Vol (L)	Neat (Tonne )	Cost/ Ton (USD)	Total Cost (USD)
Surface Casing	25	320,2944	160,1472	12011,04	15,846	250	\$ 3.961,43
Intermediate Casing	150	132,9394	66,4697	29911,37	39,461	250	\$9.865,23
Production Casing	340	53,7981	26,8990	27437,01	36,197	250	\$9.049,15
Perforated Linear	890	26,3488	13,1744	35175,62	46,406	250	\$ 11.601,46

Optional Perforated Linear	1450	8,9184	4,4592	19397,44	25,590	250	\$ 6.397,57
<b>Total</b>				123932,49	163,499		\$ 40.874,83

**Tabel 4.13** cementing consumables sumur slimhole

Casing	Depth (m)	Capacity (l/m)	Excess (50%)	Total Vol (L)	Neat (Tonne)	Cost/Ton (USD)	Total Cost (USD)
Surface Casing	25	65,7769	32,8885	2466,64	3,254	250	\$813,53
Intermediate Casing	120	8,7486	4,3743	1574,75	2,078	250	\$ 519,38
Production Casing	340	23,5112	11,7556	11990,72	15,819	250	\$3.954,72
Perforated Linear	890	2,3765	1,1882	3172,57	4,185	250	\$1.046,36
Optional Perforated Linear	-	-	-	-	-	250	-
<b>Total</b>				19204,68	25,336		\$6.334,00

**Tabel 4.14** *Cost of Cement Additivies sumur standar*

Additivies	% BWOC	Cement w add (Ton)	Total Weight (Ton)	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
Water Loss	0,20%	163,499	0,326998643	12000	\$ 3.923,98
Retarder	0,30%		0,490497965	8000	\$ 3.923,98
<b>Total</b>					<b>\$ 7.847,97</b>

**Tabel 4.15** *Cost of Cement Additivies sumur slimhole*

Additivies	% BWOC	Cement w add (Ton)	Total Weight (Ton)	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
Water Loss	0,30%	25,336	0,076007962	12000	\$ 912,10
Retarder	0,01%		0,002533599	8000	\$ 20,27
<b>Total</b>					<b>\$ 932,36</b>

#### 4.7 Diesel and Lubricating Oil

Adapun data dari diesel dan lubricating oil dimana total biaya yang didapat pada saat melakukan pemboran dimana total biaya yang didapat dari sumur standar yaitu mencapai \$USD 653.554,97 sedangkan total biaya yang didapatkan pada sumur *slimhole* mencapai \$USD 303.479,89. Hal ini disebabkan dimana total volumenya yang sangat membedakan sehingga memiliki selisih yang signifikan.

**Tabel 4.16** *Diesel and lubricating oil sumur standar*

	Volume/ day (L)	Total Volume (l)	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
Diesel	5000	419903,31	1,5	\$ 629.854,97
Lubricating Oil				\$ 23.700,00
<b>Total</b>				<b>\$ 653.554,97</b>

**Tabel 4.17 Diesel and lubricating oil sumur slimhole**

	Volume/ day (L)	Total Volume (l)	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
Diesel	2500	186519,93	1,5	\$ 279.779,89
Lubricating Oil				\$ 23.700,00
<b>Total</b>				<b>\$ 303.479,89</b>

#### 4.8 Cost of Casing and Wellhead

Biaya dari *casing* dan *wellhead* tergantung jenis dan ukurannya. Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan jenis casing API dan ANSI 900 untuk disain kepala sumur. Pada biaya casing dan *wellhead* sumur standar memiliki biaya dua kali lebih besar dimana jumlah total biaya pada sumur syandar sekiatr US\$ 428.505,00 dibandingkan dengan sumur *slimhole* dimana jumlah biaya yang didapat pada sumur *slimhole* sekitar US\$ 230.365,00. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh biaya casing berdasarkan ukurannya.

**Tabel 4.18 Total biaya casing pada sumur standard**

Casing Section	Depth (m)	Length	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
Surface Casing 20"	150	148.5	375	\$ 55,687.50
Intermediate Casing 13 3/8"	340	338.5	150	\$ 50,775.00
13 3/8" top two casing	24	24	195	\$ 4,680.00
Prod Casing 9 5/8"	890	888.5	135	\$ 119,947.50
Perforated Slotted 7"	1450	561.5	105	\$ 58,957.50
Casing Plain inside Prod 7"	24	24	75	\$ 1,800.00
Optional Perf. Linear 4 1/2"	2000	1438.5	95	\$ 136,657.50
<b>Total</b>				<b>\$ 428,505.00</b>

**Tabel 4.19** Total biaya casing pada sumur *slimhole*

Casing Section	Depth (m)	Length	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
Surface Casing 7"	120	118.5	150	\$ 17,775.00
Intermediate Casing 5 1/2"	340	338.5	120	\$ 40,620.00
5 1/2" top two casing	24	24	100	\$ 2,400.00
Prod Casing 4 1/2"	890	888.5	95	\$ 84,407.50
Perforated Slotted 3 1/2"	2000	1111.5	75	\$ 83,362.50
Casing Plain inside Prod 3 1/2"	24	24	75	\$ 1,800.00
-	-	-	-	-
Total				\$ 230,365.00

#### 4.9 Casing Accessories and Consumables

Adapun untuk biaya kelengkapan kompleksi sumur dimana disini memiliki beberapa casing desain di antaranya *casing shoefloat collar*, *Cement Plugs Top/Bottom*, *Casing Dope*, dan juga *Centralizer*. sehingga didapat biaya pada setiap section dimana biaya pada sumur *slimhole* menghabiskan total biaya USD 20.750,00 sedangkan pada sumur standar menghabiskan USD 41.500,00. Tingginya total biaya pada sumur standar disebabkan casing section yang lebih banyak dan ukuran yang lebih besar dari pada sumur *slimhole*.

**Tabel 4.20** *Casing accessories* sumur standar

Casing Design	Number	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
Surface Casing 20"			

Casing Shoe	1	900	\$ 900,00
Float Collar	1	1800	\$ 1.800,00
Cement Plugs			
Top/Bottom	1	200	\$ 200,00
Casing Dope	1	150	\$ 150,00
Total			\$ 3.050,00
Intermediate Casing 13-3/8"			
Casing Shoe	1	800	\$ 800,00
Float Collar	1	1500	\$ 1.500,00
Cement Plugs			
Top/Bottom	1	200	\$ 200,00
Casing Dope	1	150	\$ 150,00
Centralizer	13	200	\$ 2.600,00
Total			\$ 5.250,00
Prod Casing 9-5/8"			
Casing Shoe	1	700	\$ 700,00
Float Collar	1	1300	\$ 1.300,00
Cement Plugs			
Top/Bottom	1	150	\$ 150,00
Casing Dope	1	150	\$ 150,00
Centralizer	43	150	\$ 6.450,00
Total			\$ 8.750,00
Perf.Slotted 7"			
Casing Hanger	1	12000	\$ 12.000,00
Casing Dope	1	150	\$ 150,00
Total			\$ 12.150,00
Perf.Linear 4 1/2"			
Casing Hanger	1	12000	\$ 12.000,00
Casing Dope	2	150	\$ 300,00

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Guide Shoe	0	0	\$	-
Total				\$ 12.300,00
<b>Total Keseluruhan</b>			<b>\$</b>	<b>41.500,00</b>

**Tabel 4.21** *Casing accessories sumur slimhole*

Casing Design	Number	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
<b>Surface Casing 7"</b>			
Casing Shoe	1	600	\$ 600,00
Float Collar	1	1200	\$ 1.200,00
Cement Plugs Top/Bottom	1	150	\$ 150,00
Casing Dope	1	100	\$ 100,00
Total			\$ 2.050,00
<b>Intermediate Casing 5 1/2"</b>			
Casing Shoe	1	500	\$ 500,00
Float Collar	1	1000	\$ 1.000,00
Cement Plugs Top/Bottom	1	150	\$ 150,00
Casing Dope	1	100	\$ 100,00
Centralizer	13	200	\$ 2.600,00
Total			\$ 4.350,00
<b>Prod Casing 4 1/2"</b>			
Casing Shoe	1	450	\$ 450,00
Float Collar	1	950	\$ 950,00
Cement Plugs Top/Bottom	1	100	\$ 100,00
Casing Dope	1	100	\$ 100,00
Centralizer	43	150	\$ 6.450,00
Total			\$ 8.050,00
<b>Perf.Linear 3 1/2"</b>			



Casing Hanger	1	6000	\$ 6.000,00
Casing Dope	2	150	\$ 300,00
Guide Shoe	0	0	\$ -
Total			\$ 6.300,00
<b>Total Keseluruhan</b>			<b>\$ 20.750,00</b>

#### 4.10 Wellhead Equipment

Adapun biaya yang didapat pada well head equipment pada sumur standar dengan total biaya yang didapat \$USD 79.550,00. Sedangkan pada sumur *slimhole* mendapatkan dengan total biaya \$USD 66.550,00. Dimana disini biaya yang didapat sumur standar lebih besar dibandingkan dengan sumur *slimhole* yang membedakan hanya biaya pada master valve dan casing head flange karena ukurannya yang lebih besar.

**Tabel 4.22** Wellhead Equipment sumur standar

	Number/ Sets	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
Master Valve 10" Class 900	1	45000	\$ 45.000,00
Casing Head Flange	1	10000	\$ 10.000,00
Adaptor Flange	1	3000	\$ 3.000,00
2-1/16"Slide Valve, 5000psi	1	4500	\$ 4.500,00
Adaptor Spool	2	8000	\$ 16.000,00
Ring Gasket and Bolts	3	350	\$ 1.050,00
<b>Total</b>			<b>\$ 79.550,00</b>

**Tabel 4.23** Wellhead Equipment sumur slimhole

	Number/ Sets	Unit Cost (USD)	Total Cost (USD)
Master Valve 10" Class 900	1	35000	\$ 35.000,00
Casing Head Flange	1	8000	\$ 8.000,00
Adaptor Flange	1	2000	\$ 2.000,00
2-1/16"Slide Valve, 5000psi	1	4500	\$ 4.500,00
Adaptor Spool	2	8000	\$ 16.000,00
Ring Gasket and Bolts	3	350	\$ 1.050,00
<b>Total</b>			<b>\$ 66.550,00</b>

**Tabel 4.24** total keseluruhan

	Kategori	Total Cost (USD) sumur standar	Total Cost (USD) <i>slimhole</i>
Rig Cost		\$ 4.408.984,79	\$ 1.827.895,28
Drilling Consumables		\$ 100.000,00	\$ 56.525,00
Drilling fluid Consumables	Drilling Mud	\$ 80.887,03	\$ 31.712,19
	Drilling Detergent	\$ 59.980,66	\$ 25.169,47
Cementing Consumables	Cementing	\$ 40.874,83	\$ 6.334,00
	Additives	\$ 7.847,97	\$ 932,36
Diesel and Lubricating Oil		\$ 653.554,97	\$ 303.479,89
Cost of Casing and Wellhead	Casing	\$ 428.505,00	\$ 230.365,00
	Accessories	\$ 41.500,00	\$ 20.750,00
	Wellhead	\$ 79.550,00	\$ 66.550,00
<b>Total</b>		<b>\$ 5.901.685,25</b>	<b>\$ 2.589.713,18</b>

#### 4.11 Analisis Hasil

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan Total biaya yang dibutuhkan untuk pengeboran dan kompleksi sumur well-1 lapangan X panas bumi menggunakan desain sumur standar sekitar \$ 5.901.685,25 sedangkan sumur *slimhole* menghabiskan biaya sekitar \$ 2.589.713,18. Maka dari itu penggunaan sumur *slimhole* akan menghemat biaya pada kegiatan eksplorasi sumur panas bumi. Berdasarkan ketersediaan data dari lapangan X bahwa sumur well-1 merupakan sumur pertama yang akan dilakukan pengeboran di Lapangan X, sehingga tingkat resiko kegagalan masih sangat tinggi. Oleh karena itu, Penulis menyarankan untuk dapat melakukan pengeboran sumur *slimhole* untuk dapat meminimalkan kerugian biaya dan mendapatkan data yang lebih akurat menggunakan sumur *slimhole*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sumur standar merupakan sumur yang akan dilakukan pengeboran pada lapangan X dengan menggunakan 6 casing section yaitu conductor casing, surface casing, intermediate casing, production casing, perforated linear, optional perforated linear. Dimana biaya yang digunakan dalam pengerboran sumur standar sebesar USD 5.901.685,25. Sedangkan Sumur *slimhole* merupakan sumur yang akan dilakukan pengeboran pada lapangan X dengan menggunakan 5 casing section yaitu conductor casing, surface casing, intermediate casing, production casing, perforated linear. Dimana biaya yang digunakan dalam pengerboran sumur *slimhole* sebesar USD 2.589.713,18.
2. Berdasarkan analisis diatas, sumur *slimhole* mampu mengurangi biaya lebih dari 50% dari total biaya pengeboran sumur standar. Dimana sumur well-1 lapangan X merupakan sumur eksplorasi pertama dengan tingkat resiko kegagalan yang lebih tinggi. Sehingga penggunaan sumur *slimhole* sangat direkomendasikan dalam pengeboran sumur well-1 lapangan X.

#### 5.1 Saran

Untuk penlitian selanjutnya dapat melakukan perbandingan nilai ke ekonomian NPV terkait program pengeboran sumur standard dan lubang besar dengan menggunakan desain New Zealand Code 2015.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adityatama, D. W., Purba, D., Muhammad, F., Agustino, V., Wiharlan, H., & Pasmeputra, K. K. (2020). Slim Hole Drilling Overview for Geothermal Exploration in Indonesia: Potential and Challenges. *PROCEEDINGS, 45th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California*.
- Adityatama, D. W., Purba, D. P., & Muhammad, F. (2019). Manajemen Risiko dalam Pengeboran Eksplorasi Panas Bumi di Indonesia. *Swara Patra*, 9(2), 1–17.
- Axelsson, G. (2013). Geothermal well testing. *ShortCourse V on Conceptual*.
- Barbier, E. (2002). Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(1–2), 3–65.
- Basid, A., Andrini, N., & Arfiyaningsih, S. (2014). Pendugaan Reservoir Sistem Panas Bumi Dengan Menggunakan Survey Geolistrik, Resistivitas Dan Self Potensial (Studi Kasus: Daerah Manifestasi Panas Bumi di Desa Lombang, Kecamatan Batang-Batang, Sumenep). *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 7(1), 57–70.
- Bronicki, L. Y. (2016). Introduction to geothermal power generation. In *Geothermal Power Generation* (pp. 1–3). Elsevier.
- Delahunty, C., Nielson, D. L., & Shervais, J. W. (2012). Deep core drilling of three slim geothermal holes, Snake River Plains, Idaho. *Geothermal Resources Council Transactions*, 36, 641–647.
- Dumas, P., Antics, M., & Ungemach, P. (2013). Report on geothermal drilling. *Co-Funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union*.
- Finger, J. T., & Jacobson, R. D. (1999). *Slimhole Drilling, Logging, and Completion Technology-An Update*. Sandia National Labs., Albuquerque, NM (US); Sandia National Labs . . .
- Hasibuan, M. Y., Fitrianti, & Adityatama, D. (2020). DESAIN PROGRAM PENGEBORAN EKSPLORASI LAPANGAN PANAS BUMI MENGGUNAKAN METODE SLIMHOLE CONTINUOUS CORING.

*Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 54(2), 52–63.

- Hinz, N., Cumming, B., & Sussman, D. (2018). Exploration of fault-related deep-circulation geothermal resources in the western branch of the East African Rift System: examples from Uganda and Tanzania. *The Proceedings, 7th African Rift Geothermal Conference Kigali, Rwanda 31st October–2nd November*.
- Hole, H. (2008). Geothermal well design-casing and wellhead. *Petroleum Engineering Summer School Workshop*, 26.
- Kaldal, G. S., Jónsson, M. P., Pálsson, H., & Karlsdóttir, S. N. (2013). Collapse analysis of the casing in high temperature geothermal wells. *Proceedings, 38th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, CA*.
- Khaemba, A. W. (2014). Well design, cementing techniques and well work-over to land deep production casings in the menengai field. *Report*, 17, 295–324.
- Kruszewski, M., Thorhallsson, S., Assadi, M., & Śliwa, T. (2017). Slimhole well casing design for high-temperature geothermal exploration and reservoir assessment. *AGH Drilling, Oil, Gas*, 34(2).
- Mackenzie, K. M., Ussher, G. N. H., Libbey, R. B., Quinlivan, P. F., Dacanay, J. U., & Bogie, I. (2017). Use of deep slimhole drilling for geothermal exploration. *Proceedings, The 5th Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition (IIGCE)*.
- Maikobi, P. I. E. A. A. (n.d.). *Casing Design for High Pressure/High Temperature Wells*.
- Maina, R. K. (n.d.). *CASING DESIGN FOR HIGH-TEMPERATURE GEOTHERMAL WELL USING THE AFRICAN UNION CODE OF PRACTICE FOR GEOTHERMAL DRILLING: A CASE STUDY OF WELL OW 736A IN OLKARIA, KENYA*.
- Muharram, R. A. (2016). Evaluasi Penyemenan Liner 7 Inch Pada Lapangan Asmara Sumur Cinta-5. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL CENDEKIAWAN*.
- Nielson, L. D., & Garg, S. K. (2016). Slim hole reservoir characterization for risk reduction. *Proceeding of the 41st Workshop on Geothermal Reservoir*

*Engineering, Stanford University, Stanford, California.*

- Randolph, S. B., & Jourdan, A. P. (1991). Slimhole Continuous Coring and Drilling in Tertiary Sediments. *SPE/IADC Drilling Conference*. OnePetro.
- Sahbudin, S., Komar, S., & Amin, M. (2014). Perencanaan Penyemenan Casing 7 Inch Dengan Metode Dual Stage Cementing Pada Sumur Nr-x Lapangan Limau Di Pt. Pertamina Drilling Services Indonesia Area Sumbagsel, Prabumulih. *Jurnal Ilmu Teknik Sriwijaya*, 2(1), 102155.
- Samura, L. (2018). Pengujian Compressive Strength Dan Thickening Time Pada Semen Pemboran Kelas G Dengan Penambahan Additif Retader. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 6(2), 49–54.
- Thorhallsson, S., & Gunnsteinsson, S. (2012). Slim wells for geothermal exploration. *Short Course on Geothermal Development and Geothermal Wells*, Organized by UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador.
- Van der Meer, F., Hecker, C., van Ruitenbeek, F., van der Werff, H., de Wijkerslooth, C., & Wechsler, C. (2014). Geologic remote sensing for geothermal exploration: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 33, 255–269.