

**PERBANDINGAN EFISIENSI OPERASIONAL PEMBORAN
ANTARA *PILOT HOLE* DAN *GEOSTEERING* PADA SUMUR
HORIZONTAL Z-09 LAPANGAN *DEEPWATER* FH**

JURNAL ILMIAH

FARHAN FARID ASYROFI

124.18.019



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
SEPTEMBER 2022**

**PERBANDINGAN EFISIENSI OPERASIONAL PEMBORAN
ANTARA *PILOT HOLE* DAN *GEOSTEERING* PADA SUMUR
HORIZONTAL Z-09 LAPANGAN *DEEPWATER FH***

JURNAL ILMIAH

FARHAN FARID ASYROFI

124.18.019

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada Program
Studi Teknik Perminyakan



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
SEPTEMBER 2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN EFISIENSI OPERASIONAL PEMBORAN
ANTARA *PILOT HOLE* DAN *GEOSTEERING* PADA SUMUR
HORIZONTAL Z-09 LAPANGAN *DEEPWATER FH***

JURNAL ILMIAH

FARHAN FARID ASYROFI

124.18.019

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Perminyakan

Menyetujui,

Kota Deltamas, 09 September 2022

Pembimbing I,



Ganesha Rinku Darmawan, S.T., M. T.

Pembimbing II,



Samuel Halomoan Silitonga, S.T

Mengetahui,

Kota Deltamas, 09 September 2022

Kepala Program Studi Teknik Perminyakan
Institut Teknologi Sains Bandung



Ir. Aries Prasetyo, M.T

NIDN: 0414046806

PERBANDINGAN EFISIENSI OPERASIONAL PEMBORAN ANTARA *PILOT HOLE* DAN *GEOSTEERING* PADA SUMUR HORIZONTAL Z-09 LAPANGAN *DEEPWATER FH*

Farhan Farid Asyrofi

Teknik Perminyakan Institut Teknologi Sains Bandung

Email : Faridfarhanasyrofi@gmail.com

Pembimbing: Ganesha Rinku Darmawan, S.T., M.T & Samuel Halomoan Silitonga, S.T

Abstrak :

Lapangan FH adalah lapangan perairan migas laut dalam di Malaysia yang direncanakan akan dilakukan pengembangan phase 2 untuk meningkatkan produksi pada formasi H150. Pengembangan yang dilakukan adalah dengan membuat sumur baru Z-09 pada slot yang masih tersedia. Berdasarkan pemboran terdahulu sumur Z-06, yang hanya berjarak 1,6 km dari sumur perencanaan, terdapat indikasi adanya patahan dan ketidakselarasan formasi saat memasuki *Horizontal section* di trayek 12-1/4". Karena pemboran sudah menyimpang jauh, maka perlunya dilakukan pemboran secara *sidetrack* yang membutuhkan waktu dan biaya tambahan. Untuk menghindari kejadian serupa, dilakukannya pemilihan perencanaan mitigasi untuk pemboran sumur Z-09, yaitu dengan *pilot hole* atau *Geosteering*. Secara umum, kedua pilihan mitigasi tersebut memiliki tujuan yang sama untuk memastikan kegiatan pemboran sumur baru Z-09 tidak seperti sumur Z-06.

Pada mitigasi pertama, dibuat *pilot hole* secara vertikal dengan menggunakan peralatan PDM. Lubang tersebut dijajaki untuk mengkonfirmasi keberadaan patahan dan kedalaman top reservoir target. Setelah didapatkan informasi yang dibutuhkan, lubang tersebut akan ditutup dan dilakukannya pemboran ulang secara *sidetrack*. Untuk mitigasi kedua, digunakan peralatan *Geosteering* yang dilengkapi dengan azimuthal gamma-ray dan resistivity. Dengan menggunakan alat tersebut dapat menjadi kontinjensi saat pemboran memasuki *Horizontal section*, karena memiliki kemampuan untuk *look-ahead* sejauh 250 ft sebelum formasi yang ditembus.

Dengan kedua opsi mitigasi tersebut, dilakukannya perbandingan berdasarkan perencanaan pemboran, estimasi waktu dan biaya operasional pemboran serta biaya resiko (dengan *decision tree*). Pada perbandingan waktu pemboran, penggunaan *Geosteering* lebih cepat 5,3 hari dengan efisiensi sebesar 46,9% terhadap *pilot hole*. Selanjutnya, perbandingan biaya operasional menunjukkan penggunaan *Geosteering* lebih hemat 3.386.905,35 USD dengan efisiensi sebesar 6,28% terhadap *pilot hole*. Terakhir, pada perbandingan biaya resiko, penggunaan *Geosteering* memiliki biaya resiko lebih sedikit dengan selisih 740.796,31 USD dengan efisiensi 15,08% terhadap *pilot hole*. Berdasarkan perbandingan tersebut, diketahui mitigasi yang lebih unggul adalah dengan menggunakan *Geosteering*.

Kata kunci : *Geosteering, Pilot hole, Efisiensi Biaya, Horizontal Drilling.*

Abstract :

The FH field is a deep seawater field in Malaysia planned to be developed in phase 2 to increase production on the H150 formation. The proposed development is to create a new well, "Z-09", at a still available slot. Based on the previous drilling of the Z-06 well which is only 1.6 km from the planning well, there are indications of faults and misalignment of formations when entering the Horizontal section on route 12-1/4". Because the drilling route has strayed considerably, sidetrack is the only option to continue the drilling operation, but it requires additional time and costs. To avoid similar incidents, the selection of mitigation planning for drilling Z-09 wells, namely by pilot hole or Geosteering. In general, both mitigation options have the same purpose of ensuring the drilling activities of the Z-09 new well are not like the Z-06 well.

In the first mitigation, drill a pilot hole vertically using PDM equipment. This hole is to confirm the presence of faults and the depth of the target reservoir top. Once we got the required information, the hole will be closed (plug), and the sidetrack re-drilling will begin. In the second mitigation, the Geosteering tool featured gamma-ray azimuthal and resistivity. Using the tool can be a contingency when drilling enters the Horizontal section, as it can look ahead as far as 250 ft before the formation.

A comparison is made with both mitigation options based on drilling planning, estimated drilling time, operational costs, and risk costs (with decision tree). In the drilling time comparison, the duration of Geosteering use was 5.3 days faster with 46.9% efficiency over the pilot hole. Then, the operational cost comparison shows Geosteering more efficiently 3,386,905.35 USD with an efficiency of 6.28% to the pilot hole. Lastly, in the risk cost comparison, Geosteering has less risk cost with a difference of 740,796.31 USD with 15.08% efficiency to the pilot hole. Based on these comparisons, the better mitigation is to use Geosteering based on the operational time, operational cost, and risk cost.

Keywords : *Geosteering, Pilot hole, Cost Efficiency, Horizontal Drilling*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aktivitas pemboran Horizontal di perairan laut dalam (*Deepwater*) ialah aktivitas pemboran yang berisiko serta pula tidak sedikit biaya yang hendak dikeluarkan, sehingga diperlukan suatu perencanaan yang baik serta cermat agar aktivitas pemboran bisa terlaksana secara efektif dan efisien. Salah satu aspek keberhasilan aktivitas pemboran sumur Horizontal adalah penentuan letak dari *landing point*. Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis melaksanakan perbandingan antara dua mitigasi untuk memastikan *landing point* pada sumur Z- 09 lapangan FH di perairan laut dalam. Mitigasi-mitigasi yang dianalisa yaitu pemakaian *pilot hole* serta *Geosteering* guna memperoleh mitigasi mana yang lebih singkat serta ekonomis agar dapat diimplementasikan pada aktivitas pemboran yang hendak dilakukan.

Lapangan FH ialah lapangan migas perairan laut dalam di Malaysia. Lapangan FH dikelola oleh perusahaan migas negara tersebut. Mulanya, Aktivitas pemboran dicoba pada tahun 2014 yang terdiri atas empat buah sumur minyak, terdiri atas sumur Z-06, Z-07, serta Z-08. Dan pada tahun 2021, PT A selaku *owner* (*participating interest*) berencana akan

melaksanakan pengembangan phase 2 pada lapangan FH dengan membuat sumur baru, yakni sumur Z- 09 sebab PT A ingin melaksanakan langkah efisiensi pada rencana drilling program sumur Z- 09 untuk pengajuan biaya (*Authority for Expenditure*) berikutnya.

Pada sumur Z-09 memiliki target kedalaman 2416 m TVD / 3316 m MD (formasi H150) dengan *water depth* 1340 m diatas permukaan laut. Perencanaan untuk sumur Z-09 dilakukan secara Horizontal dengan maksimal sudut inklinasi sebesar 89° agar dapat mencapai target tersebut. Pada data *offset* sumur Z-06, ditemukan adanya patahan pada kedalaman 2979 m MD (formasi H145) berakibat pemboran menyimpang keluar dari jalur target. Oleh karena itu, dilakukan pemboran kembali secara *sidetrack* pada sumur Z-06ST dengan waktu dan juga biaya tambahan. Untuk mengantisipasi permasalahan serupa agar tidak terulang kembali, maka dilakukan mitigasi dengan menggunakan *pilot hole* atau *Geosteering*. Upaya tersebut dilakukan untuk mengetahui letak patahan pada sumur tersebut dan agar dapat menentukan kedalaman saat mencapai Horizontal *section* 12-1/4”.

Mitigasi dengan membuat *pilot hole*, lubang pada *section* 12-1/4” dibor secara vertikal untuk mengetahui letak patahan dan target reservoir. Selanjutnya lubang tersebut ditutup dan rangkaian BHA baru dimasukkan

agar dapat melakukan pemboran kembali sampai Horizontal section nya tercapai. Pada mitigasi dengan *Geosteering*, penggunaan peralatan *real time* yang dapat mendeteksi adanya patahan ataupun target reservoir sangat dibutuhkan terutama pada jalur pemboran dari jarak 250 ft sebelumnya. Dengan metode ini, membutuhkan peralatan dan juga personel tambahan sehingga pembiayaannya perlu diperhatikan.

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis akan membandingkan penggunaan kedua mitigasi antara metode *pilot hole* dan *Geosteering*. Aspek yang dibandingkan berdasarkan perencanaan pemboran, waktu dan biaya operasional pemboran. Disamping itu juga dilakukan perhitungan resiko dengan *decision tree* dalam pengambilan keputusan. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui perencanaan yang lebih efisien berdasarkan kemungkinan resiko yang akan terjadi terhadap perencanaan pemboran lapangan FH, sumur Z-09.

1.2 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini agar dapat lebih terarah, maka penulisan tugas akhir ini dibatasi perbandingan perencanaan pemboran antara mitigasi *pilot hole* dan *Geosteering* pada Horizontal section 12-1/4" sumur Z-09 Lapangan FH. Aspek yang dibandingkan seperti: Estimasi waktu; Total waktu dan biaya operasional (*based on AFE data*); analisa resiko dengan *decision tree* (*Pilot hole : 50% dan Geosteering : 73% efficiency ratio*).

Dalam studi penelitian ini tidak membahas masalah perhitungan pada parameter lain, seperti litologi formasi, *trajectory* desain dan parameter data lainnya. Dan juga harga *miss landing*, *sidetrack* serta *Cost per Day* telah ditentukan perusahaan.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan manfaat terhadap penulis dan pembaca tentang

hal baru di dunia pemboran. Hal baru yang didapatkan seperti:

1. Memahami mekanisme dari metode penentuan *landing point*.
2. Mampu menghitung efisiensi pemilihan alat dalam penentuan *landing point*.
3. Dapat memilih mitigasi yang terbaik berdasarkan pilihan waktu tercepat dan biaya termurah.
4. Dapat memilih mitigasi yang terbaik berdasarkan perhitungan *decision tree*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode komparatif yang bersifat prediktif. Dengan metode ini, penulis memfokuskan pada pengukuran terhadap dua variabel yaitu *Pilot hole* dan sistem *Geosteering* yang digunakan untuk dapat dilakukan prediksi atau meramalkan mengenai kejadian di masa yang akan datang. Dengan data sumur Z-09 yang dimiliki penulis dapat melibatkan perhitungan estimasi durasi pemboran dan biaya pemboran dengan *pilot hole* dan *Geosteering*. Pada akhirnya akan dihasilkan pilihan optimasi pemboran yang lebih unggul, sehingga dapat diaplikasikan pada pemboran yang akan datang.

2.1.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan agar mempermudah analisa permasalahan yang terjadi atau dalam kasus ini adalah perbandingan mitigasi dalam menentukan *landing point* pada sumur Z-09, Lapangan FH dengan menggunakan *pilot hole* dan *Geosteering*. Metode pengumpulan data dengan cara observasi data perencanaan lapangan FH, Merencanakan biaya pengajuan sumur Z-09 (AFE), dan kemudian melakukan studi literatur (*Paper, E-book, Diskusi, Catalog tools Horizontal drilling*).

2.1.2 Perbandingan Perencanaan Pemboran Sumur Z-09

Didalam tahapan awal, penulis

melakukan perbandingan terhadap perencanaan pemboran dari sumur Z-09 dengan kedua mitigasi yang berbeda. Perbandingan yang dilakukan adalah mekanisme atau pengaplikasian metode *pilot hole* atau *Geosteering* pada sumur Z-09 trayek 12-1/4” dan Peralatan-peralatan yang digunakan pada masing-masing mitigasi tersebut.

2.1.3 Perbandingan Estimasi Waktu Operasional Pemboran

Tahapan selanjutnya yaitu membandingkan waktu operasional yang dibutuhkan pada mitigasi menggunakan *pilot hole* atau *Geosteering*. Perbandingan tersebut dilakukan dengan perhitungan waktu efisiensi pada pemboran trayek 12-1/4” dan total waktu operasional yang dibutuhkan pada sumur Z-09.

Analisa dilakukan berdasarkan data pengajuan AFE Days yang diberikan dari perusahaan setempat. Nantinya, durasi waktu yang digunakan untuk melakukan pemboran sumur Z-09 akan berdampak signifikan pada biaya pemboran. Berikut ini adalah langkah – langkah untuk menganalisa durasi pemboran sumur Z-09: (1) Melakukan pembacaan rincian perkiraan durasi pemboran (*AFE Days*) pada sumur Z-09 ; (2) Menganalisa waktu dimulainya dan berakhirnya pemboran dari *spud* to TD sumur Z-09; (3) Mencatat lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemboran pada sumur Z-09; (4) Membandingkan waktu operasi pemboran yang dibutuhkan dan menghitung selisih keduanya dengan Persamaan 3.1 dan Persamaan 3.2.

2.1.4 Perbandingan Estimasi Biaya Operasional Pemboran

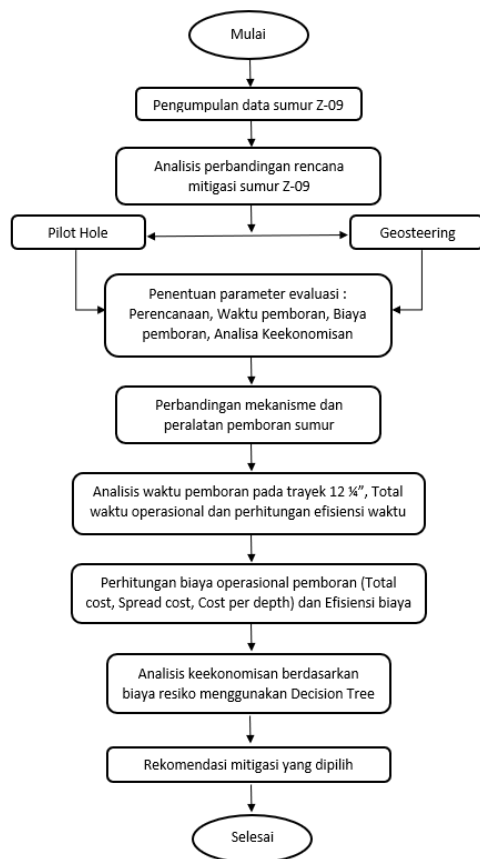
Selanjutnya adalah tahapan membandingkan biaya operasional yang dibutuhkan pada mitigasi menggunakan *pilot hole* atau *Geosteering*. Berikut adalah langkah – langkah untuk melakukan perhitungan biaya operasional: (a) Melakukan pembacaan rincian biaya

pengajuan (*AFE*) pada sumur Z-09; (b) Menghitung *Total Cost* pada masing – masing sumur dengan persamaan 3.4; (c) Menghitung jumlah *Spread cost* pada masing – masing sumur dengan persamaan 3.5 (d) Menghitung *Cost per Depth* pada masing – masing sumur dengan persamaan 3.6; (e) Membandingkan biaya operasional yang dibutuhkan dan menghitung selisih keduanya dengan persamaan 3.7 dan 3.8.

2.1.5 Analisa Decision Tree

Pada tahap terakhir, untuk dapat menganalisa nilai keekonomisan dari kedua metode yang akan digunakan maka dilakukan perhitungan dengan metode *decision tree*. Metode ini digunakan untuk menganalisa resiko dalam pengambilan keputusan melalui pendekatan statistik dalam kondisi *uncertainty*. Decision tree memperhitungkan modal awal dan potensi resiko yang dapat terjadi apabila menggunakan metode *pilot hole* atau *Geosteering* pada sumur Z-09, lapangan FH. Berikut ini adalah langkah – langkah untuk perhitungan *decision tree*:

- a. Menentukan atau mendefinisikan permasalahan yang akan diselesaikan pada sumur Z-09.
- b. Membuat bagan *decision tree* berdasarkan permasalahan yang telah ditentukan.
- c. Menentukan nilai pada titik kemungkinan (*decision node*) untuk semua kondisional dengan menggunakan persamaan 3.9
- d. Menentukan nilai *Associated Risk Cost* yakni mengetahui harga resiko terkait dengan menggunakan persamaan 3.10.
- e. Menghitung nilai total *Associated Risk Cost* pada ujung terminal yang ada menggunakan persamaan 3.11.
- f. Membandingkan perbedaan resiko pada kedua sistem untuk mengetahui keputusan mana yang paling baik dengan persamaan 3.12 dan 3.13.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

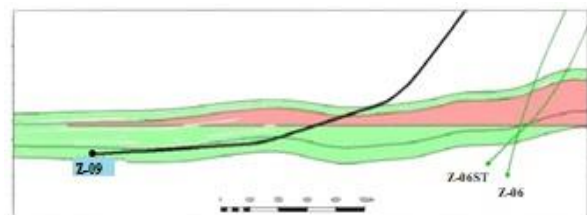
3.1 Profil Sumur Z-09

Lapangan FH ditemukan pada tahun 2009 dengan pemboran sumur Z-06, Z-07, dan Z-08 pada formasi H140 dan H150. Dari ketiga pemboran sumur tersebut, berhasil diproduksi pada bulan Februari 2014 dengan perolehan produksi puncak sebesar 35,000 *barrel per day* (bpd). Pada saat melakukan pemboran sumur Z-06, terdapat indikasi adanya patahan pada formasi H140, sehingga dilakukannya *sidetrack*. Dengan melakukan pemboran ini, dibutuhkan waktu dan biaya tambahan untuk melakukan pengangkatan rangkaian dan mengebor kembali secara *sidetrack* untuk sumur Z-06ST agar tetap mencapai formasi target.

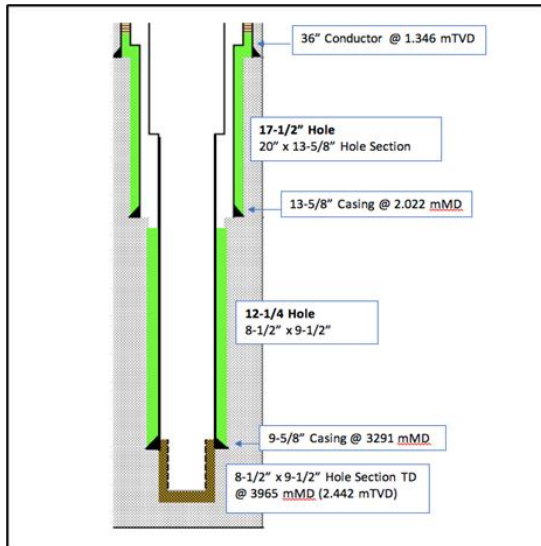
Pada tahun 2019, telah dilakukan *technical engagement* oleh perusahaan setempat untuk melakukan pembuatan sumur baru pada target formasi yang sama. Perencanaan sumur Z-09 dilakukan berdasarkan data *offset* sumur Z-06 untuk menghindari kejadian yang serupa. Berdasarkan hal tersebut, dipilih dua opsi mitigasi, yakni pengaplikasian *pilot hole* atau *Geosteering*.

Tabel 3.1 Well Summary Z-09

Field	: FH
Location	: Block X, Offshore Malaysia
Well Name	: Z-09
Grid System	: Timbalal 1948 / UTM Zone 50 North
Trajecotry	: Horizontal
Primary Target	: H-150
Top Formation	: 3316 m MD / 2424,06 m TVD
Max. Inclination	: 88,8°
Total Depth	: 3965 m
Drilled Length	: 2704 m
Horizontal Length	: 987 m
Spud Date	: July 2021 (Estimation)
AFE Cost	: 202.4 M USD / 5 well



Gambar 3.1 Letak sumur Z-09



Gambar 3.2 Well Schematic Z-09

Tabel 3.2 Jadwal Pemboran Lapangan FH

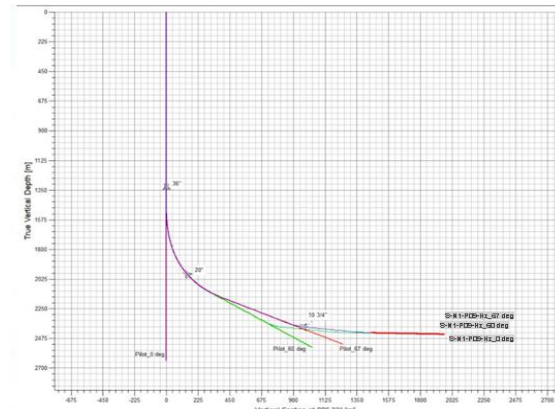
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
2021	MOU						Z-09	C-14		W-17		N-11
2022	MOU	W-23										

3.2 Sumur Z-09 dengan Pilot Hole

a.) Perencanaan Sumur Z-09 Pilot Hole

Pada perencanaannya, peralatan yang digunakan untuk pemboran *pilot hole* adalah *Positive Displacement Motor* (PDM) dan LWD konvensional yang tidak dilengkapi oleh peralatan *azimuthal gamma ray* dan *resistivity*. PDM dan LWD konvensional digunakan baik saat akan memasuki zona Horizontal di *section* 12-1/4" (*landing section*) ataupun saat sudah berada di *Horizontal section*. Alat ini termasuk ke dalam susunan rangkaian BHA yang terletak diatas mata bor.

Target total depth untuk sumur Z-09 *pilot hole* adalah 3965 m MD. Untuk melakukan interpretasi geologi yang lebih baik, terdapat tiga opsi dilakukannya pemboran *pilot hole* dengan menggunakan beberapa sudut kemiringan, yakni; 0°, 60° dan 67°. Hal ini dilakukan untuk mengetahui batas reservoir dengan lebih tepat dan akurat. Berikut lintasan pemboran yang akan diimplementasikan menggunakan *pilot hole*.



Gambar 3.3 Trajectory Z-09 dengan Pilot Hole

Pilot hole dengan sudut kemiringan 0° (vertikal) dibor pada *section* 12-1/4" dari kedalaman 2022 m MD sampai kedalaman 3291 m MD. Setelah interpretasi data geologi didapat, lubang tersebut kemudian ditutup (*plug*) hingga kedalaman 2800 m MD. Selanjutnya, dilakukan pemboran secara *sidetrack* untuk memasuki *Horizontal section* dengan sudut inklinasi 88,8°.

b.) Waktu Pemboran Operasional Sumur Z-09 Pilot Hole

Pada perencanaannya trayek 12-1/4" sumur Z-09, Waktu penembusan yang dibutuhkan alat PDM yaitu pemboran *pilot hole* 48 jam atau 2 hari, trip time atau pencabutan rangkaian BHA 48 jam atau 2 hari, plug back atau penutupan lubang 31,2 jam atau 1,3 hari, kemudian dilanjutkan pemasangan rangkaian (RIH) 48 jam atau 2 hari, dan dilanjut pemboran pada casing *point* sesungguhnya 96 jam atau 4 hari. Total waktu keseluruhan untuk pemboran *section* 12-1/4" menggunakan *pilot hole* dengan PDM adalah 271,2 jam atau 11,3 hari. Jika pada pelaksanaan pemboran *section* 12-1/4" dengan prosedur *pilot hole* berjalan lancar, maka melakukan pemboran *section* berikutnya menembus target formasi H-150 dengan waktu adalah selama 1411,2 jam atau 58,8 hari. Data estimasi waktu pemboran tersebut berdasarkan *local experience* pada pemboran *pilot hole* dan data *offset* sumur Z-06 yang disesuaikan dengan target sumur Z-09.

Tabel 3.3 Waktu Operasional Pemboran Sumur Z-09 dengan Pilot hole

Drilling Program & Estimate Time	AFE Days	
0) Rig Mobilization & Preparation	0	days
1) Move in & Rig Up, RIH 36"	2	days
2) Spud & Jet 36" Conductor	1	days
3) Drill Surface Hole	1	days
4) Run & Cement Surface Casing	4	days
5) Run Riser/BOP (MPD)	3	days
6) Drill 12-1/4" Pilot hole	2	days
7) Plug Back	3,3	days
8) RBIH to re-drill	2	days
9) Re-drill	4	days
10) Run & Cement 9-5/8"	8,5	days
11) Drill 8-1/2" x 9-1/2" Hole	4	days
12) Logging	0	days
13) Run OHGP	7,5	days
14) Run Upper Completion	3,5	days
15) Suspend & Install tree	7	days
16) Pull Riser/ BOP	6	days
	58,8	days

c.) Biaya Operasional Sumur Z-09 Pilot Hole

Pada perencanaannya trayek 12-1/4" sumur Z-09, Waktu penembusan yang dibutuhkan alat PDM yaitu pemboran *pilot hole* 48 jam atau 2 hari, trip time atau pencabutan rangkaian BHA 48 jam atau 2 hari, plug back atau penutupan lubang 31,2 jam atau 1 Pada perencanaan sumur Z-09 *pilot hole*, akan digunakan peralatan pembelok PDM yang memiliki harga rental yang lebih murah pada pemboran laut dalam. Pembuatan *pilot hole* membutuhkan biaya tambahan karena membutuhkan waktu operasional 5,3 hari. Sehingga adanya penambahan pada biaya *intangible* pada sumur Z-09.

Berdasarkan total waktu operasional pemboran sumur Z-09 dengan *pilot hole*, dapat dihitung biaya operasional yang dibutuhkan berdasarkan data rincian biaya pengajuan (AFE) tabel IV.4.

Tabel 3.1 Summary AFE Sumur Z-09 Pilot hole
Pilot hole AFE Summary

DESCRIPTION	COST (US\$)	
<i>Tubulars And Well Equipment</i>	\$	9.172.560,20
<i>Preparation & Termination</i>	\$	3.242.202,13
<i>Drilling Operations</i>	\$	22.468.297,78
<i>Surveying, Logging, And Testing</i>	\$	1.380.725,00
<i>General</i>	\$	14.910.305,90
<i>Supervision And Overhead</i>	\$	2.729.029,07
<i>Tangible Cost</i>	\$	9.172.560,20
<i>Intangible Cost</i>	\$	44.730.560

d.) Decision Tree

Dalam analisa keekonomisan pemilihan opsi mitigasi dengan *pilot hole* pada sumur Z-09, ditentukan nilai efisiensi rasio pada penggunaannya. Berdasarkan paper SPE-192332-MS untuk harga efisiensi rasio *pilot hole* adalah 50%. Berikut ini adalah harga modal awal dan biaya resiko yang mungkin terjadi pada sumur Z-09 dengan *pilot hole*.

Tabel 3.2 Harga Penentuan Decision

<i>Mud motor</i>		<i>Drilling</i>	<i>Miss</i>	<i>Sidetrack</i>
days	Cost	Cost (\$/day)	landing (\$)	<i>Mud motor</i>
11,3	393.749,73	380.818,61	250.000	4.100.000,00

Pada penggunaan *pilot hole*, adanya resiko terjadinya *miss landing* dikarenakan kesalahan data yang diperoleh saat melakukan pengambilan data. Sehingga perlunya dilakukan mitigasi kembali yakni menggunakan *steering tool* yang dapat mengarahkan pemboran berada di zona yang benar dengan kemampuan intepretasinya. Kemudian, pemboran bisa dilanjutkan kembali ke target awal. Namun, jika posisi lubang bor

sudah menyimpang sangat jauh, maka diperlukan pemboran *sidetracking*.

3.3 Sumur Z-09 dengan *Geosteering*

. Berdasarkan kegiatan pemboran *pilot hole*, adanya resiko penyimpangan sudut kemiringan dengan menggunakan PDM pada *section* 12-1/4” sehingga dibutuhkan mitigasi lain menggunakan *Geosteering*. Peralatan ini dapat memastikan pemboran dapat mencapai sudut kemiringan hingga 88,8°.

Geosteering dipasang pada *section* 12-1/4” untuk memastikan pemboran memasuki zona target saat memasuki *Horizontal section*. Sistem ini dapat mendeteksi dari jarak jauh pendekatan berdasarkan parameter geologi terbaru dan menyesuaikan kemiringan lintasan dan titik pendaratan yang sesuai. Sehingga, dengan menggunakan *Geosteering* dapat menjadi kontijensi untuk ketidakpastian dari data sumur *offset* Z-06 yang kemungkinan mengalami penyimpangan dengan sesungguhnya.

a.) Perencanaan Sumur Z-09 *Geosteering*

Peralatan yang digunakan pada sistem *geosteering* yaitu : (1) Saat akan memasuki zona *Horizontal* pemboran *section* 12-1/4” (*landing section*) menggunakan *Hybrid Rotary Steerable System (Hybrid RSS)* yang memiliki nilai *dog leg severity* (DLS) yang besar sekitar 7 hingga 9 °DLS yang dapat mencapai sudut yang diinginkan, dan peralatan LWD konvensional. (2) Saat sudah memasuki *Horizontal section* menggunakan *push-the-bit RSS* yang memiliki nilai *dog leg severity* (DLS) sekitar 3°DLS untuk memastikan pemboran yang cepat dan aman. Selain itu juga dilengkapi dengan peralatan LWD yang sudah dilengkapi dengan *azimuthal gamma ray* dan *resistivity* atau disebut *boundry detection tool*.

Kedalaman target total depth pada sumur Z-09 dengan *Geosteering* adalah 3965 m MD. Pemboran ini dilakukan dengan mengeliminasi pemboran *pilot hole*, sehingga dapat langsung dilakukan dengan satu titik belok (KOP) dan beberapa *Build Up Section*. Pada KOP pertama terletak pada kedalaman 1461.2 m MD dengan inklinasi awal sebesar 0°. Kemudian dari KOP pertama mulai diarahkan untuk pembentukan sudut (*Build Up Rate*) dengan nilai sebagai berikut ini:

Tabel 3.3 *Profil Perencanaan Sumur Z-09*

MD (End of Build)	Inclination	DLS	Vertical Section
1561.2	3.333	1.00	2.81
1661.2	8.333	1.50	12.61
1761.2	15.00	2.00	32.10
1861.2	23.333	2.50	63.74

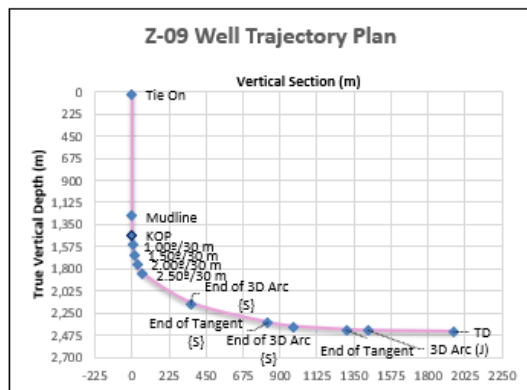
Dalam Perencanaan, Sistem *Geosteering* dipasang saat memasuki *Horizontal section* pada trayek 12-1/4” yakni pada kedalaman 1861.2 mMD untuk melakukan 3D arc model untuk dapat menentukan nilai *build* dan *tangent section* pada kedalaman berikutnya sehingga didapatkan nilai berikut ini:

Tabel 3.4 *Model Arc Sumur Z-09*

Design Comment	mMD	Inclination	DLS	Vertical Section
End of 3D Arc {S}	2309.91	67.556	3.00	363.47
End of Tangent {S}	2811.77	67.556	0.00	822.55
End of 3D Arc {S}	2997.78	84.251	3.00	980.55
End of Tangent	3316.18	84.251	0.00	1309.44
3D Arc (J)	3440.3	88.812	3.00	1432.46

Pada saat memasuki *Horizontal section* digunakan peralatan *Hybrid RSS* (kombinasi dari penggunaan sistem *push-the-bit* dan *point-the-bit*) dapat memberikan kemampuan *steering* yang baik melalui pemanfaatan *hybrid pads*. Alat ini dapat mengurangi perubahan nilai DLS pada pelaksanaan pemboran *Horizontal* di sumur Z-09 nantinya. Kemudian dari kedalaman 2997.78 m MD, pemboran sudah memasuki *Horizontal sections* hingga kedalaman 3965 m MD. Berikut ini

perencanaan lintasan dari sumur Z-09 menggunakan *Geosteering*.



Gambar 3.4 Trajectory Sumur Z-09 dengan *Geosteering*

b.) Waktu Pemboran Operasional Sumur Z-09 *Geosteering*

Sumur Z-09 pada *section* 12-1/4” menggunakan sistem *Geosteering* untuk dapat menentukan kedalaman landing point tanpa harus membuat sumur *pilot hole* (vertikal). Pemboran ini mulai memasuki *section* 12-1/4” pada kedalaman 2022 m MD sepanjang 1269 m. Waktu penembusan yang dibutuhkan *Geosteering* adalah 144 jam atau 6 hari, dimana waktu tersebut sudah termasuk waktu pencabutan dan pergantian rangkaian. Jika pelaksanaan pemboran *section* 12-1/4” dengan prosedur *Geosteering* berjalan lancar, dilanjutkan untuk melakukan pemboran ke *section* selanjutnya hingga menembus target formasi H-150. Waktu yang dibutuhkan untuk dapat mencapai target tersebut adalah selama 1284 jam atau 53,5 hari.

Estimasi waktu pemboran ini diprediksi berdasarkan *modelling* yang dilakukan menggunakan *geostering*, sumur yang dijadikan sumur *offset* adalah sumur Z-06. Berikut ini adalah tabel waktu estimasi operasional pemboran pada sumur Z-09 dengan *Geosteering*.

Tabel 3.5 Waktu Operasional Pemboran Sumur Z-09 dengan *Pilot hole*

Drilling Program & Estimate Time	AFE Days
0) Rig Mobilization & Preparation	0 days
1) Move in & Rig Up, RIH 36"	2 days
2) Spud & Jet 36" Conductor	1 days
3) Drill Surface Hole	1 days
4) Run & Cement Surface Casing	4 days
5) Run Riser/BOP (MPD)	3 days
6) Drill 12-1/4" <i>Pilot hole</i>	0 days
7) Plug Back	0 days
8) RBIH to re-drill	0 days
9) Re-drill	6 days
10) Run & Cement 9-5/8"	8,5 days
11) Drill 8-1/2" x 9-1/2" Hole	4 days
12) Logging	0 days
13) Run OHGP	7,5 days
14) Run Upper Completion	3,5 days
15) Suspend & Install tree	7 days
16) Pull Riser/ BOP	6 days
TOTAL	53,5 days

c.) Biaya Operasional Pemboran Sumur Z-09 *Geosteering*

Berdasarkan total waktu operasional pemboran sumur Z-09 dengan *Geosteering* dilanjutkan perhitungan biaya operasional pemboran berdasarkan data rincian biaya pengajuan (AFE). Pada perencanaan Z-09 *Geosteering* memiliki biaya rental yang lebih mahal perhari dibandingkan dengan biaya menggunakan *mud motor* pada metode *pilot hole*, yakni sebesar 250.000 USD/hari. Biaya tersebut termasuk biaya tambahan alat, *licensed software*, dan *Geosteering specialist*.

Berdasarkan durasi penggunaan *Geosteering* pada *section* 12-1/4”, yakni selama 6 hari. Sehingga, dengan penggunaan *Geosteering* terdapat additional cost sebesar 1.500.000 USD / 6 hari. Berikut ini adalah *summary* biaya *tangible* dan *intangibile* berdasarkan data AFE pada sumur Z-09 dengan *Geosteering*:

Tabel 3.6 *Summary AFE Sumur Z-09 Geosteering*
Geosteering AFE Summary

DESCRIPTION	COST (US\$)
Tubulars And Well Equipment	\$ 8.317.491,03
Preparation & Termination	\$ 2.949.962,82
Drilling Operations	\$ 22.006.784,55
Surveying, Logging, And Testing	\$ 1.192.581,42
General	\$ 13.716.042,99
Supervision And Overhead	\$ 2.333.351,93
Tangible Cost	\$ 8.317.491,03
Intangible Cost	\$ 42.198.723,70

d.) Decision Tree

Dalam analisa keekonomisan pemilihan opsi mitigasi dengan *pilot hole* pada sumur Z-09, ditentukan nilai efisiensi rasio pada penggunaannya. Untuk harga efisiensi rasio penggunaan *Geosteering* adalah 73%. Selain itu, perhitungan ini juga dilakukan berdasarkan modal awal dan resiko yang mungkin terjadi pada pemilihan mitigasi ini. Berikut ini adalah harga modal awal dan biaya resiko yang mungkin terjadi pada sumur Z-09 dengan *pilot hole*.

Tabel 3.7 *Harga Penentuan Decision Tree Sumur Z-09 Geosteering*

days	<i>Geosteering</i>	<i>Drilling</i>	<i>Miss</i>	<i>Sidetrack</i>
	Cost	Cost	<i>landing</i>	<i>Geosteering</i>
		(\$/day)	(\$)	
6	398.788,20	380.818,61	250.000	5.350.000,00

Pada penggunaan *Geosteering*, adanya resiko terjadinya *miss landing* dikarenakan adanya kesalahan saat melakukan perencanaan pre-job modelling sehingga adanya perbedaan kondisi yang dihadapi dengan perencanaan yang telah dibuat. Walaupun alat ini memiliki kemampuan secara *real-time*, sehingga dapat mengantisipasi kondisi tersebut, namun dilakukannya antisipasi biaya penamabahan sebesar 250,000 USD untuk penambahan biaya waktu selama satu hari. Biaya ini merupakan *worst case* dan bisa

saja tidak digunakan dengan menggunakan kemampuan dari *Geosteering* Kemudian pemboran dapat dilanjutkan kembali ke reservoir target yang telah ditentukan sebelumnya. Namun, apabila jalur pemboran sudah terlalu jauh menyimpang, maka perlunya dilakukan pemboran *sidetracking*.

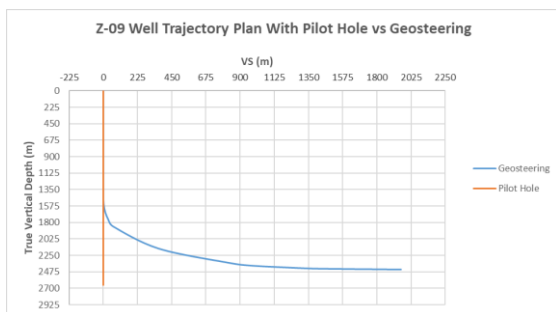
3.4 Perbandingan Sumur Z-09 dengan Pilot Hole dan Geosteering

a.) Perbandingan Perencanaan Sumur Z-09

Metode *pilot hole* dan *Geosteering*, dapat dibandingkan mengenai bentuk yang dilalui oleh kedua metode tersebut berdasarkan peralatan yang digunakan.

Pada perencanaan sumur Z-09 dengan *pilot hole*, peralatan yang digunakan adalah *mud motor*/PDM dengan LWD konvensional. Penggunaan alat ini dapat menambah waktu pengerjaan karena mengingat PDM memiliki prinsip kerja secara *sliding*. Dimana, kondisi *drill string* tidak ikut berputar yang dapat menambah waktu trip time. Selain itu, menurut (Zhang et al., 2018) pemboran dengan menggunakan PDM tidak memenuhi kualifikasi pemboran Horizontal yang memiliki kedalaman yang panjang seperti sumur Z-09 dengan total target 3965 m MD. Selain itu dengan penggunaan LWD konvensional yang dilengkapi dengan *non-azimuthal gamma* dan *resistivity* tidak dapat memberikan informasi yang cukup mengenai intepretasi geologi yang ada saat pemboran memasuki Horizontal *section*. Sehingga, pemboran sumur Z-09 dengan panjang Horizontal *section* 987 m berisiko untuk dapat keluar dari target yang ada.

Sedangkan, pada pemboran dengan *Geosteering*, sumur Z-09 memiliki lintasan yang lebih smooth, karena dengan menggunakan RSS maka penggunaa *drill string* yang terus berputar sehingga dapat mengurangi waktu trip time. Hal tersebut dikarenakan prinsip kerja RSS yang bekerja secara *rotating*. Selain itu, dengan penggunaan LWD yang dilengkapi dengan *azimuthal gamma* dan *resistivity* dapat memberikan informasi mengenai intepretasi geologi secara *real-time*. Sehingga, dengan fitur tersebut memungkinkan untuk membuat keputusan dalam mengarahkan jalur pemboran sumur, memaksimalkan paparan reservoir dan meminimalkan risiko pengeboran seperti pada sumur Z-06 dan Z-06ST.



Gambar 3.1 Perbandingan *Trajectory Pilot hole* vs *Geosteering* di Sumur Z-09

b.) Perbandingan Waktu Operasional

Pada pelaksanaan pemboran sumur Z-09 menggunakan *pilot hole* dengan *mud motor* dan *Geosteering* terdapat perbedaan waktu yang signifikan pada saat memasuki *section 12-1/4"*. Berikut ini adalah *summary* dari perbandingan waktu operasional antara penggunaan *pilot hole* dan *Geosteering* pada sumur Z-09:

Tabel 3.8 Perbandingan Waktu Operasional Sumur Z-09

DRILLING PROGRAM & ESTIMATE TIME	<i>Pilot hole</i> (days)	<i>Geosteering</i> (days)
0) Rig	0	0

Mobilization & Preparation		
1) Move in & Rig Up, RIH 36"	2	2
2) Spud & Jet 36"	1	1
Conductor Hole		
3) Drill Surface	1	1
Hole		
4) Run & Cement Surface Casing	4	4
5) Run	3	3
Riser/BOP (MPD)		
6) Drill 12-1/4"	2	0
<i>Pilot hole</i>		
7) Plug Back	3,3	0
8) RBIH to re-drill	2	0
9) Re-drill	4	6
10) Run & Cement 9-5/8"	8,5	8,5
11) Drill 8-1/2" x 9-1/2" Hole	4	4
12) Logging	0	0
13) Run OHGP	7,5	7,5
14) Run Upper	3,5	3,5
Completion		
15) Suspend & Install tree	7	7
16) Pull Riser/BOP	6	6
TOTAL	58,	53,5
	8	

Tabel diatas, diketahui bahwa saat pemboran memasuki *section 12-1/4"* terdapat perbedaan waktu antara penggunaan *pilot hole* dan *Geosteering*. Adanya tambahan waktu untuk kegiatan plug back (3,3 hari) dan RBIH (2 hari) berpengaruh dengan total waktu operasional yang dibutuhkan pada mitigasi

pilot hole. Untuk mengetahui efisiensi penggunaan *Geosteering* terhadap *pilot hole* maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Persamaan (III.1) Efisiensi Waktu

$$\text{Efisiensi waktu (hari)} = \frac{| \text{Total days Pilot hole} - \text{Total days Geosteering} |}{\text{Total days Geosteering}}$$

$$\text{Efisiensi Waktu (hari)} = |11,3 - 6|$$

$$\text{Efisiensi Waktu (hari)} = 5,3 \text{ hari}$$

Persamaan (III.2) Efisiensi Waktu (%)

$$\text{Efisiensi biaya (\%)} = \frac{\text{Efisiensi waktu}}{\text{Total days Pilot Hole}} \times 100\%$$

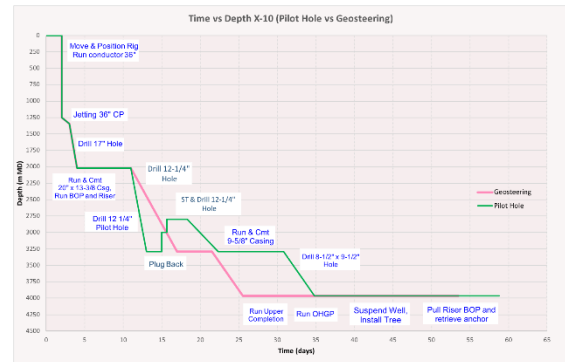
$$\text{Efisiensi Waktu (\%)} = \frac{5,3}{11,3} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Waktu (\%)} = 46,9$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, pada *section 12-1/4"* maka dapat diketahui bahwa dengan penggunaan sistem *Geosteering* memiliki efisiensi waktu 46,9% dibandingkan dengan penggunaan sistem *pilot hole* menggunakan *mud motor/PDM*. Selanjutnya, untuk dapat menggambarkan kedua mitigasi tersebut, dilakukan pembuatan grafik antara perbandingan total waktu operasional dan kedalamannya.

Pada **Gambar 3.6** *time-vs-depth* sumur Z-09 dengan menggunakan *pilot hole* atau *Geosteering*. Pada kurva tersebut, dapat dilihat antara perbandingan kedua garis *pilot hole* (hijau) dan *Geosteering* (merah muda), perbedaan tersebut berada pada *section 12-1/4"*. Dimana pada garis *pilot hole*, terlihat bahwa pemboran kembali lagi ke kedalaman sebelumnya (ke atas) untuk melakukan plug back dan baru re-drill kembali pada kedalaman 2750 m mD. Sedangkan, pada pemboran *Geosteering* langsung menembus *section 12-1/4"* dan melanjutkannya ke *section* selanjutnya. Dengan adanya perbedaan waktu yang cukup signifikan pada *section 12-1/4"*, tentunya akan mempengaruhi total waktu keseluruhan pada masing-masing mitigasi.

Dapat dilihat pada garis dengan menggunakan *pilot hole* (hijau) bahwa memiliki garis akhir yang lebih panjang dibandingkan dengan garis menggunakan *Geosteering* (pink).



Gambar 3.2 Perbandingan Waktu vs Kedalaman dengan *Pilot hole* & *Geosteering* di Sumur Z-09

c.) Perbandingan Biaya Operasional

Berdasarkan total estimasi waktu operasional sumur Z-09, maka dapat dilakukan perhitungan mengenai total biaya operasional pemboran dengan menggunakan kedua mitigasi. Berikut ini adalah *summary* dari rincian biaya mengikuti data AFE:

Tabel 3.9 *Summary* Biaya Operasional Pemboran Sumur Z-09

	<i>Pilot hole</i>	<i>Geosteering</i>
Tangible Cost (\$)	9.172.560,20	8.317.491
Intangible Cost (\$)	44.730.560	42.198.724

Maka dapat diperhitungkan untuk rincian biaya lainnya seperti *Total Cost*, *spread cost*, dan *Cost per Depth*. Berikut ini adalah perhitungannya:

Persamaan (II.3) Total Cost

1. *Total Cost Pilot hole*

$$\text{Total Cost (\$)} = \text{Tangible Cost} + \text{Intangible Cost}$$

$$\text{Total Cost (\$)} = 9.172.560 + 44.730.560$$

$$Total Cost (\$) = 53.903.120,07$$

2. *Total Cost Geosteering*

$$Total Cost (\$) = Tangible Cost + Intangible Cost$$

$$Total Cost (\$) = 8.317.491 + 42.198.724$$

$$Total Cost (\$) = 50.516.214,72$$

Persamaan (II.4) Spread cost

1. *Spread cost Pilot hole*

$$Spread Cost (\$) = \frac{Total Cost}{Total Days}$$

$$Spread Cost (\$) = \frac{53.903.120,07}{58,8}$$

$$Spread Cost (\$) = 916.719,73$$

2. *Spread cost Geosteering*

$$Spread Cost (\$) = \frac{Total Cost}{Total Days}$$

$$Spread cost (\$/day) = \frac{50.516.214,72}{53,5}$$

$$Spread cost (\$/day) = 944.228,31$$

Persamaan (II.5) Cost per Depth

1. *Cost per Depth Pilot hole*

$$Cost per Depth (\$/m) = \frac{Total Days}{Total Depth}$$

$$Cost per Depth (\$/m) = \frac{53.903.120,07}{3965}$$

$$Cost per Depth (\$/m) = 13.594,73$$

2. *Cost per Depth Geosteering*

$$Cost per Depth (\$/m) = \frac{Total Days}{Total Depth}$$

$$Cost per Depth (\$/m) = \frac{50.516.214,72}{3965}$$

$$Cost per Depth (\$/m) = 12.740,53$$

Dari perhitungan diatas, maka diketahui bahwa kegiatan pemboran dengan *Geosteering* memiliki biaya harian yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan *pilot hole* yang menggunakan PDM. Tetapi, karena estimasi waktu pemboran dengan *Geosteering* yang lebih cepat memiliki *Total Cost* yang lebih murah dibandingkan dengan penggunaan

PDM. Walaupun biaya harian penggunaan PDM lebih murah, tetapi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai target lebih lama, karena membutuhkan waktu tambahan selama 5,3 hari. Sehingga, biaya pada pemboran perkedalamannya (m) pada *Geosteering* juga lebih murah dibandingkan dengan pemboran *pilot hole*.

Berikut ini adalah *summary* dari perhitungan kedua biaya operasional pemboran dengan menggunakan *pilot hole* dan *Geosteering* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 *Summary* Perencanaan Biaya Operasional Pemboran Sumur Z-09

AFE Cost	<i>Pilot hole</i>	<i>Geosteering</i>
<i>Total Cost</i> (\$)	53.903.120,07	50.516.214,72
<i>Spread cost</i> (\$/day)	916.719,73	944.228,31
<i>Cost per Depth</i> (\$/m)	13.594,73	12.740,53

Untuk mengetahui seberapa besar efisiensi penggunaan *Geosteering* terhadap *pilot hole*, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Persamaan (III.6)

$$Efisiensi biaya (\$) = | Total Cost Pilot hole - Total Cost Geosteering |$$

$$Efisiensi biaya (\$) = | 53.903.120,07 - 50.516.214,72 |$$

$$Efisiensi biaya (\$) = 3.386.905,35$$

Persamaan (III.7)

$$Efisiensi biaya (\%) = \frac{Efisiensi biaya}{Biaya Pilot Hole} \times 100\%$$

$$Efisiensi biaya (\%) = \frac{3.386.905,35}{53.903.120,07} \times 100\%$$

$$Efisiensi biaya (\%) = 6,28$$

Berdasarkan perhitungan efisiensi biaya operasional tersebut, maka dapat diketahui bahwa pengguna *Geosteering* dapat melakukan pemotongan biaya sebesar 3.386.905,35 USD dengan efisiensi sebesar 6,28% terhadap penggunaan *pilot hole*. Perbedaan waktu pada penggunaan *pilot hole* dengan *mud motor* dan

Geosteering terbukti berhasil menghasilkan efisiensi biaya, karena pada dasarnya waktu tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap biaya intangible operasional pemboran, seperti biaya rental, personel dan peralatan yang dirental.

d.) Decision Tree

Untuk dapat menganalisa nilai keekonomisan dari kedua alat tersebut, dilakukan perbandingan dari hasil nilai total *Associated Risk Cost* yang ada. Nilai tersebut adalah estimasi biaya resiko yang dibutuhkan dengan menggunakan alat bantu decision tree. Perhitungan tersebut dilakukan berdasarkan modal awal kedua mitigasi tersebut dengan resiko yang sama, yakni *miss landing*. Berikut ini adalah perhitungan biaya resiko dengan menggunakan persamaan yang ada:

1. Perhitungan Associated Risk Cost dengan Pilot hole

a. *Drilling 12-1/4" Hole Untill Casing Point*

Persamaan (III.9) Total Cost

$$\begin{aligned} \text{Total Cost (\$)} &= \text{Mud Motor Price} \\ &+ \text{Drilling Cost } 12\frac{1}{4} \text{ "Hole (11,3 days)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Cost (\$)} &= 393.749,73 \\ &+ 4.303.250,25 \\ &= 4.696.999,99 \end{aligned}$$

Persamaan (III.10) Associated Risk Cost

$$\begin{aligned} \text{Associated Risk Cost (\$)} &= \text{Efficiency Ration } x \text{ Drilling Cost } 12\frac{1}{4} \text{ "Hole (11,3 days)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Associated Risk Cost (\$)} &= 50\% x \$ 4.303.250,25 \\ &= 2.151.625,13 \end{aligned}$$

b. *Drilling 12-1/4" Hole-half way – Miss landing – Steering*

Persamaan (III.9) Total Cost

$$\begin{aligned} \text{Total Cost (\$)} &= \text{Mud Motor Price} \\ &+ \text{Drilling Cost } 12\frac{1}{4} \text{ "Hole} \\ &- \text{half way (5,3)} \\ &+ \text{Depth Uncertainty Attempt} \\ &+ \text{Continue Drill } 12 - 1/4" \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Cost (\$)} &= 393.749,73 \\ &+ 2.132.584,20 \\ &+ 250.000,00 \\ &+ 2.132.584,20 \\ &= 4.908.918,13 \end{aligned}$$

Persamaan (III.10) Associated Risk Cost

$$\begin{aligned} \text{Associated Risk Cost (\$)} &= \text{Efficiency Ration } x \text{ (Drilling Cost } 12\frac{1}{4} \text{ "Hole (5,6 days)} \\ &+ \text{Depth Uncertainty Attempts} \\ &+ \text{(Non efficiency Ratio } x \text{ Continue Drill } 12\frac{1}{4} \text{")}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Associated Risk Cost (\$)} &= 50\% x (2.132.584,20 \\ &+ 250.000,00) \\ &+ (50\% x 2.132.584,20) \\ &= 2.257.584,20 \end{aligned}$$

c. *Drilling 12-1/4" Hole-half way – Depth Uncertainty – Sidetrack*

Persamaan (III.9) Total Cost

$$\begin{aligned} \text{Total Cost (\$)} &= \text{Mud Motor Price} \\ &+ \text{Drilling Cost } 12\frac{1}{4} \text{ "Hole} \\ &- \text{half way (5,3)} \\ &+ \text{Miss Landing} \\ &+ \text{Sidetrack} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Cost (\$)} &= 393.749,73 \\ &+ 2.132.584,20 \\ &+ 250.000,00 \\ &+ 4.100.000,00 \\ &= 6.876.333,93 \end{aligned}$$

Persamaan (III.10) Associated Risk Cost

$$\begin{aligned}
& \text{Associated Risk Cost}(\$) \\
& = \text{Efficiency Ration} \times (\text{Drilling Cost } 12 \frac{1}{4} \text{ Hole (5,6 days)} + \text{Miss Landing} \\
& + (\text{Non efficiency Ratio} \times \text{Sidetrack}) \\
& \text{Associated Risk Cost}(\$) \\
& = 50\% \times (2.132.584,20 \\
& + 250.000,00) \\
& + (50\% \times 4.100.000,00) \\
& = 3.241.292,10
\end{aligned}$$

d. Total Associated Risk

Persamaan (III.11) Total Associated Risk

$$\begin{aligned}
& \text{Total Associated Risk}(\$) \\
& = \text{Total Associated Risk I} \\
& + \text{Total Associated Risk II} \\
& + \text{Total Associated Risk III} \\
& \text{Total Associated Risk}(\$) \\
& = 2.151.625,13 \\
& + 2.257.584,20 \\
& + 3.241.292,10 \\
& = 7.650.501,42
\end{aligned}$$

2. Perhitungan Associated Risk Cost dengan Geosteering

a. Drilling 12-1/4" Hole Untill Casing Point

Persamaan (III.9) Total Cost

$$\begin{aligned}
& \text{Total Cost} \\
& = \text{Geosteering Price} \\
& + \text{Drilling Cost } 12 \frac{1}{4} \text{ Hole (6 days)} \\
& \text{Total Cost} (\$) \\
& = 398.788,20 \\
& + 2.284.911,64 \\
& = 2.683.699,84
\end{aligned}$$

Persamaan (III.10) Associated Risk

$$\begin{aligned}
& \text{Associated Risk Cost}(\$) \\
& = \text{Efficiency Ratio} \times \text{Drilling Cost } 12 \frac{1}{4} \text{ Hole (6 day)} \\
& \text{Associated Risk Cost}(\$) \\
& = 73\% \times 2.284.911,64 \\
& = 1.667.985,50
\end{aligned}$$

b. Drilling 12-1/4" Hole-half way – total Point – Continue Drill

Persamaan (III.9) Total Cost

$$\begin{aligned}
& \text{Total Cost}(\$) = \text{Geosteering Price} \\
& + \text{Drilling Cost } 12 \frac{1}{4} \text{ Hole} \\
& - \text{half way (3 days)} \\
& + \text{Miss Landing} \\
& + \text{Continue Drill } 12 \\
& - 1/4"(3 days) \\
& \text{Total Cost} = 398.788,20 \\
& + 1.142.455,82 \\
& + 250.000,00 \\
& + 1.142.455,82 \\
& = 2.933.699,84
\end{aligned}$$

Persamaan (III.10) Associated Risk

$$\begin{aligned}
& \text{Associated Risk Cost}(\$) \\
& = \text{Efficiency Ration} \times (\text{Drilling Cost } 12 \frac{1}{4} \text{ Hole (5,6 days)} + \text{Miss Landing} \\
& + (\text{Non efficiency Ratio} \times \text{Continue Drill } 12 \frac{1}{4} \text{")}) \\
& \text{Associated Risk Cost}(\$) \\
& = 27\% \times (1.142.455,82 \\
& + 250.000,00) \\
& + (50\% \times 1.142.455,82) \\
& = 947.190,98
\end{aligned}$$

c. *Drilling 12-1/4" Hole-half way – Miss landing Point – Sidetrack*

Persamaan (III.9) Total Cost

$$\begin{aligned} \text{Total Cost}(\$) &= \text{Geosteering Price} \\ &+ \text{Drilling Cost } 12 \frac{1}{4} \text{ "Hole} \\ &- \text{half way (3 days)} \\ &+ \text{Miss landing} \\ &+ \text{Sidetrack} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Cost}(\$) &= 398.788,20 \\ &+ 1.142.455,82 \\ &+ 250.000,00 \\ &+ 5.350.000 \\ &= 7.141.244,02 \end{aligned}$$

Persamaan (III.10) Associated Risk

$$\begin{aligned} \text{Associated Risk Cost}(\$) \\ = \text{Efficiency Ration} \times (\text{Drilling Cost } 12 \frac{1}{4} \text{ "Hole (5,6 days)} \\ + \text{Water Coning Attempt} \\ + (\text{Non efficiency Ratio} \times \text{Continue Drill } 12 \frac{1}{4}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Associated Risk Cost}(\$) \\ = 27\% \times (1.142.455,82 \\ + 250.000,00) \\ + (50\% \times 5.350.000) \\ = 3.050.963,07 \end{aligned}$$

d. *Total Associated Risk*

Persamaan (III.11) Total Associated Risk

$$\begin{aligned} \text{Total Associated Risk}(\$) \\ = \text{Total Associated Risk I} \\ + \text{Total Associated Risk II} \\ + \text{Total Associated Risk III} \end{aligned}$$

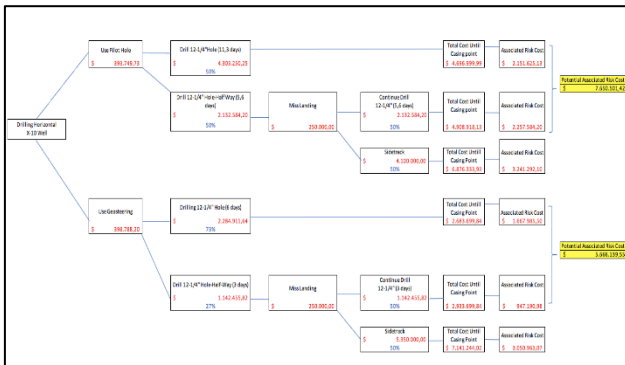
$$\begin{aligned} \text{Total Associated Risk}(\$) \\ = 1.667.985,50 \\ + 947.190,98 \\ + 3.050.963,07 \\ = 5.666.139,55 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan diatas, maka dapat langsung diinput pada bagan decision tree yang

telah dibuat untuk dapat memudahkan pemilihan keputusan yang ada seperti pada **Gambar 3.6.** Dimana diketahui bahwa penggunaan PDM selama 11,3 hari dan *Geosteering* selama 6 hari, dengan nilai rental peralatan berturut-turut sebesar 393.749,73 USD dan 398.788,20. Walaupun berdasarkan harga didapatkan perbedaan harga rental alat tersebut tidak cukup besar, namun dapat dilihat perbedaan waktu yang cukup lama. Sehingga, apabila harga peralatan *Geosteering* digunakan selama 11,3 hari, tentunya besar harga modal rental yang dibutuhkan jauh lebih besar.

Kemudian dengan penggunaan alat tersebut digunakannya nilai efisiensi rasio. Dimana nilai tersebut adalah perbandingan waktu pemboran saat posisi mata bor menyentuh formasi dengan waktu keseluruhan pemboran. Nilai tersebut dapat digunakan sebagai rasio untuk mengetahui berapa besar kinerja suatu alat yang telah digunakan. Semakin besar nilai efisiensi rasio, maka nilai kemampuan suatu alat semakin baik, begitu juga sebaliknya. Apabila nilai efisiensi rasio semakin kecil, maka nilai kemampuan alat tersebut semakin buruk. Perhitungan nilai efisiensi rasio suatu alat dapat dilakukan menggunakan waktu pemboran yang telah dilakukan sebelumnya, oleh karena itu pada penelitian ini penulis menggunakan nilai efisiensi rasio dari referensi jurnal dari penelitian lainnya. Pada jurnal SPE-192332-MS diketahui penggunaan alat *mud motor*/PDM memiliki efisiensi rasio sebesar 50%. Sedangkan pada jurnal *Oilfield Review*, Vol. 5, Issue 2-3, Pages 47 diketahui bahwa penggunaan alat *Geosteering* memiliki efisiensi rasio sebesar 73%.

Hasil akhir decision tree menunjukkan bahwa pemboran *pilot hole* dengan PDM memiliki biaya resiko yang lebih besar yaitu 7.650.501,42 USD sedangkan penggunaan *Geosteering* memiliki potensi resiko sebesar 5.666.139,55 USD. Pemilihan ini berdasarkan prinsip pemilihan decision tree, dimana untuk memilih keuntungan dan memilih EMV/biaya resiko terkecil untuk memilih perencanaan biaya.



Gambar 3.3 Decision Tree Analysis Penggunaan Pilot hole dan Geosteering Sumur Z-09

Untuk mengetahui efisiensi biaya resiko pemboran *Geosteering* terhadap *pilot hole*, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Persamaan (III.12) Difference

$$Difference = | Total Associated Risk for Mud Motor - Total Associated Risk for Geosteering |$$

$$Difference (\$) = | 7.650.501,42 - 5.666.139,55 |$$

$$Difference (\$) = 1.984.361,87$$

Persamaan (III.13) Saving Associated Risk

$$Saving Associated Risk = \frac{Difference}{Total Associated for Mud Motor} \times 100\%$$

$$Saving Associated Risk (\$) = \frac{1.984.361,87}{7.650.501,42} \times 100\%$$

$$Saving Associated Risk(\$) = 25,94\%$$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai perbandingan efisiensi pemboran sumur Z-09 dengan kedua mitigasi, terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Peralatan pemboran *section 12-1/4"*:
 - a.) Pada pemboran *pilot hole*, peralatan yang dapat diimplementasikan adalah LWD Konvensional dan *Mud motor/PDM*.
 - b.) Sedangkan pada *Geosteering*, peralatan yang dapat diimplementasikan adalah *Hybrid RSS* dan *Boundry Detection Tool*.
 2. Mekanisme saat pemboran memasuki *section 12-1/4"*:
 - a.) *Pilot hole* dibuat untuk dapat mengkonfirmasi kedalaman suatu patahan atau *uncertainty formation* yang kemudian dilanjut dengan plug dan *re-drill*.
 - b.) Sedangkan penggunaan *Geosteering* dipasang pada *section 12-1/4"* untuk menjadi peralatan kontinjensi yang dilengkapi dengan *azimuthal gamma* dan *resistivity tool* untuk meninjau keadaan formasi didepannya sejauh 250 ft secara real time.
 3. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemboran mencapai TD:
 - a.) Pada penggunaan *pilot hole* adalah selama 58,8 hari, dengan biaya yang dibutuhkan sebesar 53.903.120,07 USD.
 - b.) Pada penggunaan *Geosteering* adalah selama 53,5 hari, dengan biaya yang dibutuhkan sebesar 50.516.214,72 USD.
- Dengan penggunaan *Geosteering* ini, dapat melakukan efisiensi sebesar

6,28% terhadap penggunaan *pilot hole*.

4. Berdasarkan hasil perhitungan *decision tree*, penggunaan *Geosteering* dapat menghemat biaya resiko sebesar 1.984.361,87 USD terhadap penggunaan *pilot hole* dengan nilai efisiensi 25,94%

4.2 Saran

Dalam hal ini terdapat parameter lainnya untuk melakukan suatu perbandingan perencanaan suatu pemboran, sehingga hasil yang didapatkan mungkin dapat berbeda pada sumur yang lainnya. Perlunya dilakukan analisa perbandingan secara keseluruhan dan setiap pelaksanaan tentunya akan ruang untuk melakukan pengembangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aird, P. (2019a). *Deepwater drilling: well planning, design, engineering, operations, and technology application*. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=1805976>
- Aird, P. (2019b). *Deepwater Drilling: Well Planning, Design, Engineering, Operations, and Technology Application*. 3–15. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102282-5.00001-6>
- Akbar, R. (2018). Optimalisasi Pemboran Menggunakan Teknologi Pemboran Berarah. *Petro*, 4(4), 1–6. <https://doi.org/10.25105/petro.v4i4.291>
- Alford, J., Blyth, M., & Tollefsen, E. (2012). Sonic Logging While Drilling. *Shear Answers*.
- Amado, L. (2013). Reservoir Exploration and Appraisal. In *Gulf Professional Publishing*.
- Baker, & Hughes INTEQ Inc. (1995). Drilling Engineering Workbook A Distributed Learning Course. *Baker Hughes INTEQ*, 80270H Rev(December).
- Bateman, R. (1985). *Open-hole log analysis and formation evaluation*.
- Bonner, S., Burgess, T., Clark, B., Decker, D., Orban, J., Prevedel, B., Lüling, M., & White, J. (1993). Measurements at the bit: A new generation of MWD tools. *Oilfield Review*, 5(2–3), 44–54.
- Dash, S. N. (2017). PMP Prep: Decision Tree Analysis in Risk Management. *Project Management Institute® Risk Management Professional (PMI-RMP)®*.
- Frydman, M., Holzberg, B., Pastor, J. A., Billiton, B. H. P., & Salies, J. B. (2017). Reducing Fault Reactivation Risk on Deepwater Drilling the Mechanical Earth Model (MEM). *SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference SPE-185619-MS*.
- Haliburton. (2017). Measurement While Drilling. *Proceeding of Institut Teknologi Petroleum Petronas (INSTEP) with Haliburton*.
- Halliburton. (2017a). Petroleum Well Construction. *Proceeding of Institut Teknologi Petroleum Petronas (INSTEP) with Haliburton*.
- Halliburton. (2017b). Sperry Drilling Services. *Proceeding of Institut Teknologi Petroleum Petronas (INSTEP) with Haliburton*.
- Hamdi. (2016). *Energi Terbarukan*. Prenada Media. <https://books.google.co.id/books?id=fLJADwAAQBAJ>
- Harsono, A. (1997). Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log. *Schlumberger Oilfield Services*.
- Hidup, I. K. M. N. K. dan L. (1990). *Kualitas lingkungan di Indonesia, 1990*. Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. <https://books.google.co.id/books?id=JJ4eAAAAMAAJ>
- Hutabarat, S., & Evans, S. . (1985). Pengantar Oceanografi. *UI-Press*.
- Irham, S. (2016). *Decision Tree Risk Management*.

- Joshi, S. (2007). *Horizontal and Multilateral Well Technology*.
- Kim, J., & Myung, H. (2017). Development of a Novel Hybrid-Type Rotary Steerable System for Directional Drilling. *IEEE Access*, 5, 24678–24687. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2768389>
- Li, Y. Z., & Qin, L. (2012). Key surface logging technologies in Horizontal geosteering drilling. *Petroleum Exploration and Development*.
- Liu, H., Wang, M. C., Zhou, X., & Zhang, Y. P. (2005). EOS simulation for CO₂ huff-n-puff process. *Canadian International Petroleum Conference 2005, CIPC 2005*.
- M.Th. Kristiati, Suharsono, Nur Ali Amri, Puji Pratiknyo, & Herwin L (2005). *Proceeding Manajemen Sumber daya Mineral dan Energi untuk Ketahanan Nasional*.
- M. Mustaghfirin. (2013). Dasar - Dasar Teknik Pengeboran. *Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia*.
- Meister, M., Lee, J., Krueger, V., Georgi, D., & Chemali, R. (2003). Formation Pressure Testing during Drilling: Challenges and Benefits. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, 561–568. <https://doi.org/10.2523/84088-ms>
- Mitchell, R. F., & Miska, S. Z. (2011). Fundamentals of Drilling Engineering. In *Fundamentals of Drilling Engineering*. <https://doi.org/10.1002/9781119083931>
- Oilfield Training Center. (2016). Directional Well Planning. *Petroleum Skills*.
- Onugbolu, O., Rodrigues, C., Maueler, R., Lewis, D. W., & Loyola, C. (2012). Deepwater drilling operations challenges of exploration well in alpha block, gulf of Guinea: Lessons learned. *Society of Petroleum Engineers - 36th Nigeria Annual Int. Conf. and Exhibition 2012, NAICE 2012 - Future of Oil and Gas: Right Balance with the Environment and Sustainable Stakeholders' Participation*, 2, 763–775. <https://doi.org/10.2118/162959-ms>
- Pamungkas, J. (2004). Pengantar teknik perminyakan. *UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA*.
- PTTEP. (2014). Basic Drilling. *Drilling Departement*.
- Rabia, H. (2002). *Well Engineering & Construction Hussain Rabia*. 1 to 789.
- Rahim, S., & Li, Z. (2015). Well Placement Optimization with Geological Uncertainty Reduction. *IFAC-PapersOnLine*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.08.157>
- Rubiandini, R. (2010). *Dasar Teknik Pemboran*. 3, 1–52.
- Shepherd, M. (2009). Types of wells, in M. Shepherd. *Oil Field Production Geology*.
- Survey, U. G. (2008). *Survey Notes* (Issue v. 40). The Survey. <https://books.google.co.id/books?id=gZF0AQAAIAAJ>
- Weatherford. (2019). *Focused Magnetic Resonance Tool*.
- Wilson, J. (2009). *Real-time formation pressure testing extends 'while-drilling' capabilities*.
- Wu, Q. (2012). Application and development of geosteering and rotary steerable techniques. *Petroleum Industry Press*.
- Zhang, J., Zhi, C., Zhu, J., Ye, Y., Li, T., Wang, F., Wang, Y., & Li, S. (2018). High challenging tight oil development by integrating innovative reservoir boundary detection technology into high efficiency Horizontal drilling campaign in West China. *Proceedings of the IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference, APDT, 2018-Augus*, 1–10. <https://doi.org/10.2118/190998-ms>