

**PERANCANGAN *UNDERBALANCED DRILLING*
HYDRAULICS SUMUR *GEOTHERMAL* UNTUK
MEMINIMALISASI *LOSS CIRCULATION* DAN *PIPE*
STICKING DENGAN MENGGUNAKAN SIMULATOR
PEMBORAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Melengkapi Syarat dalam Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Oleh

WINDU PRANATA

183210947



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

2021

**PERANCANGAN *UNDERBALANCED DRILLING*
HYDRAULICS SUMUR *GEOTHERMAL* UNTUK
MEMINIMALISASI *LOSS CIRCULATION* DAN *PIPE*
STICKING DENGAN MENGGUNAKAN SIMULATOR
PEMBORAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Melengkapi Syarat dalam Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Oleh

WINDU PRANATA

183210947



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

2021

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim, Alhamdulillah rasa syukur saya sampaikan kepada Allah SWT 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 sepenuh hati menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang Tua saya Ibu Dedeh dan Bapak Ade Sutrisno, atas segala do'a dan dukungannya baik dari segi moral maupun material.
2. Istri saya, Lutfiani Masyaridilah, yang senantiasa memberikan dukungan serta semangat yang tidak henti hentinya.
3. Bapak Idham Khalid, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Fiki Hidayat, ST., M.eng selaku pembimbing akademik yang telah membantu, memberikan masukan dan saran selama perkuliahan.
5. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Perminyakan yang telah memberikan ilmu pengetahuan dengan ikhlas.
6. Teman – teman kontrakan, teman - teman lulusan Akamigas Balongan yang telah banyak membantu dalam proses perkuliahan maupun penyusunan tugas akhir.

Teriring doa saya, semoga Allah SWT memberi balasan atas kebaikan semua pihak yang membantu. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 04 Februari 2021

Windu Pranata

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Loss Circulation</i>	4
2.2 <i>Underbalanced Drilling</i>	4
2.2.1 Peralatan yang digunakan dalam <i>underbalanced drilling</i>	5
2.2.2 Metode Injeksi Udara	7
2.2.3 <i>Layout Aerated Drilling</i>	8
2.3 <i>Bottom Hole Pressure Operating Area</i>	9

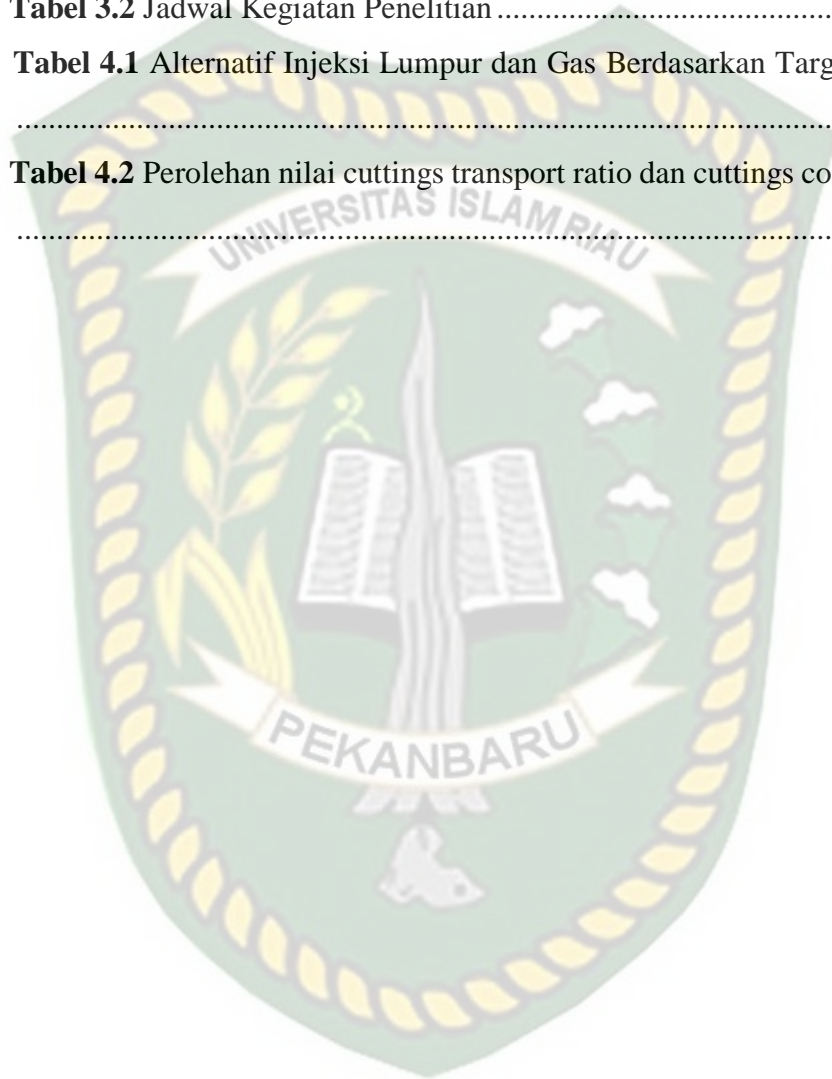
2.4	<i>Cuttings Transport Ratio</i>	10
2.5	<i>UB Minimal Oxygen Content for Combustion</i>	11
2.6	<i>State of The Art</i>	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		15
3.1	Data-Data yang dibutuhkan dalam Model Simulasi	16
3.2	Tempat Penelitian/Pengambilan Data	19
3.3	Rencana Kegiatan	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		20
4.1	<i>Well Schematic</i>	21
4.2	Penentuan <i>UB Operating Envelope</i>	23
4.3	<i>Cuttings Transport Ratio</i>	25
4.4	Pemilihan Alternatif Injeksi Optimum	30
4.5	<i>Underbalanced Drilling Mixture Density</i>	31
4.6	UB Minimum Oxygen for Combustion	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran	33
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbedaan aliran underbalanced dan overbalanced.....	5
Gambar 2.2 Kompresor	6
Gambar 2.3 Booster.....	6
Gambar 2.4 Mist Pump	7
Gambar 2.5 Geothermal Separator.....	7
Gambar 2.6 Perbedaan metode injeksi udara.....	8
Gambar 2.7 Layout aerated drilling	9
Gambar 2.8 UB Operating Envelope	10
Gambar 3.1 Flow Chart.....	15
Gambar 3.2 Litologi Sumur	16
Gambar 3.3 Profil Sumur	17
Gambar 4.1 Deviated Schematic.....	21
Gambar 4. 2 Deviated Schematic Compass	22
Gambar 4.3 Open hole & String Schematic.....	22
Gambar 4.4 UB Operating Envelope	23
Gambar 4.5 Cuttings Transport Ratio 800 gpm 1050 scfm	25
Gambar 4.6 Cuttings Concentration 800 gpm 1050 scfm.....	26
Gambar 4.7 Cuttings Transport Ratio 900 gpm 1160 scfm	26
Gambar 4.8 Cuttings Concentration 900 gpm 1160 scfm.....	27
Gambar 4.9 Cuttings Transport Ratio 1000 gpm 1280 scfm	27
Gambar 4.10 Cuttings Concentration 1000 gpm 1280 scfm.....	28
Gambar 4.11 Cuttings Transport Ratio 1100 gpm 1400 scfm	28
Gambar 4.12 Cuttings Concentration 1100 gpm 1400 scfm.....	29
Gambar 4.13 Cuttings Transport Ratio 1200 gpm 1485 scfm	29
Gambar 4.14 Cuttings Concentration 1200 gpm 1485 scfm.....	30
Gambar 4.15 UB Density Mixture	32
Gambar 4.16 UB Minimum Oxygen for Combustion.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Konfigurasi Casing	18
Tabel 3.2 Jadwal Kegiatan Penelitian	19
Tabel 4.1 Alternatif Injeksi Lumpur dan Gas Berdasarkan Target Pressure	24
Tabel 4.2 Perolehan nilai cuttings transport ratio dan cuttings concentration	31



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Wellpath Table

Lampiran 2 Pore Pressure

Lampiran 3 Gradien Fracture



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN

BHA	<i>Bottom Hole Assembly</i>
BHP	<i>Bottom Hole Pressure</i>
CFD	<i>Computational Fluid Dynamic</i>
DEM	<i>Discrete Element Methode</i>
EMW	<i>Equivalent Mud Weight</i>
GPM	<i>Galon per Minute</i>
KOP	<i>Kick of Point</i>
MD	<i>Measure Depth</i>
OD	<i>Outside Diameter</i>
ROP	<i>Rate of Penetration</i>
SCFM	<i>Standard Cubic Feet per Minute</i>
TVD	<i>True Vertical Depth</i>
UB	<i>Underbalanced</i>

**PERANCANGAN *UNDERBALANCED DRILLING*
HYDRAULICS SUMUR *GEOHERMAL* UNTUK
MEMINIMALISASI *LOSS CIRCULATION* DAN *PIPE*
STICKING DENGAN MENGGUNAKAN SIMULATOR
PEMBORAN**

ABSTRAK

Geothermal energy atau energi panas bumi pada saat ini merupakan salah satu energi yang terbarukan dan berkelanjutan di dunia, namun pada tahap pemboran sering dihadapkan dengan berbagai macam permasalahan salah satunya adalah pipa terjepit (*stuck pipe*). Pipa terjepit sering terjadi pada operasi pemboran panas bumi karena lintasannya kerap melewati zona *loss circulation* sehingga serbuk bor (*cutting*) tidak terangkat ke permukaan, akumulasi dari serbuk bor dalam konsentrasi yang besar akan menumpuk pada rangkaian pipa dan menyebabkan pipa terjepit yang berdampak pada peningkatan *non productive time* sehingga menambah beban biaya pemboran. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan metode *underbalanced drilling*, dimana pemboran dilakukan dengan kondisi tekanan reservoir lebih tinggi dari tekanan hidrostatik. Adapun tujuan dari penulisan karya ilmiah ini adalah menentukan *underbalanced drilling operating envelope*, mengetahui nilai *cuttings transport ratio*, mengetahui *underbalanced drilling mixture density* serta mengetahui nilai *minimum oxygen for combustion*. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang efektif dan optimal maka digunakan simulator pemboran untuk memperhitungkan parameter – parameter tersebut. Berdasarkan dari hasil penelitian diperoleh grafik *operating envelope* menunjukkan alternatif injeksi paling optimum yaitu injeksi lumpur sebanyak 1200 gpm dan udara 1485 scfm, nilai *cuttings transport ratio* pada penerapan alternatif injeksi optimum mencapai 89% sampai 91% di sepanjang open hole, densitas campuran lumpur pemboran yang didapatkan adalah 7,57 ppg dan yang terakhir adalah nilai kandungan oksigen dalam proses *underbalanced drilling* sumur WP 16 sebesar 7,65%.

Kata Kunci : *Geothermal, Stuck Pipe, Underbalanced Drilling, Simulator Pemboran*

DESIGN OF UNDERBALANCED DRILLING HYDARULICS GEOHERMAL WELLS TO MINIMIZE LOSS CIRCULATION AND PIPE STICKING USING DRILLING SIMULATOR

ABSTRACT

Geothermal energy is one of the renewable and sustainable energies in the world, but at the drilling stage, it is often faced with various problems, one of which is a stuck pipe. Stuck pipes occur in geothermal drilling operations because their trajectory passes through the loss circulation zone so the cuttings are not lifted to the surface, accumulation of drilling cuttings in large concentrations will accumulate in the pipe and cause the pipe to be stuck and increase non-productive time and of course increase drilling cost. The solution to overcome this problem is by using the underbalanced drilling method, where drilling is carried out with a reservoir pressure higher than the hydrostatic pressure. This study aims to determine underbalanced drilling operating envelope, to know the cuttings transport ratio, to know underbalanced drilling mixture density and to know the minimum value of oxygen for combustion. To obtain effective and optimal results, a drilling simulator is used to account for these parameters. Based on the results, the operating envelope chart shows the optimum injection alternatives are 1200 gpm and air 1485 scfm. cuttings transport ratio in the application of the optimum injection alternative is 89% to 91% along the open hole, the density of drilling mud mixture obtained 7,75 ppg and the last is the value of oxygen content in the underbalanced drilling process of WP 16 well is 7.65%.

Keywords : *Geothermal, Stuck Pipe, Underbalanced Drilling, Drilling Simulator*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi panas bumi adalah salah satu bentuk energi yang dapat diperbaharui untuk memenuhi permintaan global yang terus meningkat (Novriansyah, Riswati, Bae, & Khalid, 2018). Banyak negara di dunia memiliki potensi besar energi panas bumi yang belum dimanfaatkan (Hohl, Grimmer, Schmidt, & Hughes, 2015).

Indonesia memiliki sumber daya *geothermal* yang bagus, dimana transfer panas mengalir melalui media fluida baik itu *vapour dominated* ataupun *water dominated phase*. fluida panas tersebut mengalir melalui rekahan - rekahan yang saling terhubung, dimana rekahan tersebut berfungsi sebagai fasilitas *recharge* dan sebagai media fluida panas untuk mengalir ke permukaan (Dwinanto & Rachmat, 2015).

Reservoir panas bumi pada dasarnya terletak pada batuan vulkanik dan sedimen dan biasanya terdapat patahan-patahan yang bisa menyebabkan terjadinya *loss circulation* pada saat operasi pemboran berlangsung (Hole, 2010). Hilangnya fluida pemboran akan menyebabkan serpih bor (*cutting*) tidak terangkat dengan sempurna sehingga akan menumpuk di sekitar rangkaian dan menyebabkan pipa menjadi terjepit (Makuk, 2013). Selain dari itu temperatur yang tinggi dari reservoir panas bumi juga menjadi salah satu masalah dalam pemboran *geothermal* dimana temperatur yang tinggi akan berpengaruh terhadap sifat fisik fluida pemboran seperti viskositas dan densitas (Sukhoboka, 2017) (Zhang, Jia, Huang, Weng, & Zhu, 2014), serta merusak peralatan dan menimbulkan permasalahan pada saat *cementing* (Nugroho, Hermawan, Lazuardi, & Mirza, 2017).

Permasalahan yang timbul di atas akan meningkatkan *non productive time* yang berdampak pada pembengkakan biaya pemboran dimana biaya yang diperlukan untuk proses pemboran diperkirakan bisa mencapai 40% dari total biaya investasi keseluruhan (Kipsang, 2015) (Marbun, Aristya, Pinem, Ramli, & Gadi, 2013).

Underbalanced drilling merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah *loss circulation*, selain itu metode ini juga dapat meningkatkan laju penetrasi dan menghindari kerusakan pada formasi (Salehi, Hareland, & Nygaard, 2010) (Teodoriu & Cheuffa, 2011) (Gul, Kuru, & Parlaktuna, 2017) (Sammam, O'Shea, Innes, Kemenyfy, & Piscevic, 2012). *Underbalanced drilling* sendiri yaitu metode pemboran yang mana tekanan hidrostatik atau tekanan pada kolom lumpur dirancang untuk lebih rendah dibandingkan dengan tekanan formasi (Jozaei, Hajidavalloo, Azimi, & Shekari, 2019) (Wysocki, Gaczol, & Wysocka, 2016) (Rooki & Rakhshkhorshid, 2017). Sementara fluida yang umum digunakan dalam *underbalanced drilling* adalah udara, gas, *aerated water* dan *foam* (Wahkyudin, Deni, & Marzuan, 2017) (Chepkech Schemwotei, 2011) (Saxena A., Ojha K., 2014).

Meskipun metode ini memiliki banyak keuntungan dan mampu mengatasi masalah *loss circulation* dan *stuck pipe*, namun dalam pengoperasiannya bukanlah hal yang mudah, jika tidak diperhitungkan dan dipersiapkan dengan tepat maka akan terjadi kerusakan yang fatal, bahkan lebih dari kerusakan yang diakibatkan oleh pemboran konvensional (Liew Sin Yoong, 2012). Oleh karena itu untuk mendapatkan parameter yang tepat dan efektif dalam operasi *underbalanced drilling* di sumur *geothermal* maka digunakan simulator pemboran.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Menentukan *Underbalanced Drilling Operating Envelope*
2. Mengetahui nilai *Underbalanced Drilling Cutting Transport Ratio*
3. Mengetahui *Underbalanced Drilling Mixture Density*
4. Mengetahui *Minimum Oxygen Combustion*

1.3 Manfaat Penelitian

Agar penelitian ini bermanfaat untuk penulis ataupun bagi pembaca dikemudian hari sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya, dijadikan bahan publikasi berupa paper dan jurnal, serta sebagai referensi untuk diterapkan pada proses pemboran sumur *geothermal* di lapangan.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang dimaksud, peneliti hanya mensimulasikan rancangan parameter *underbalanced drilling hydraulics* pada pemboran sumur *geothermal* berdasarkan data – data yang diketahui dengan menggunakan simulator pemboran. Peneliti tidak memperhitungkan keekonomian dan juga tidak membahas tentang reaksi kimia yang terjadi dalam proses pemboran *underbalanced drilling* ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

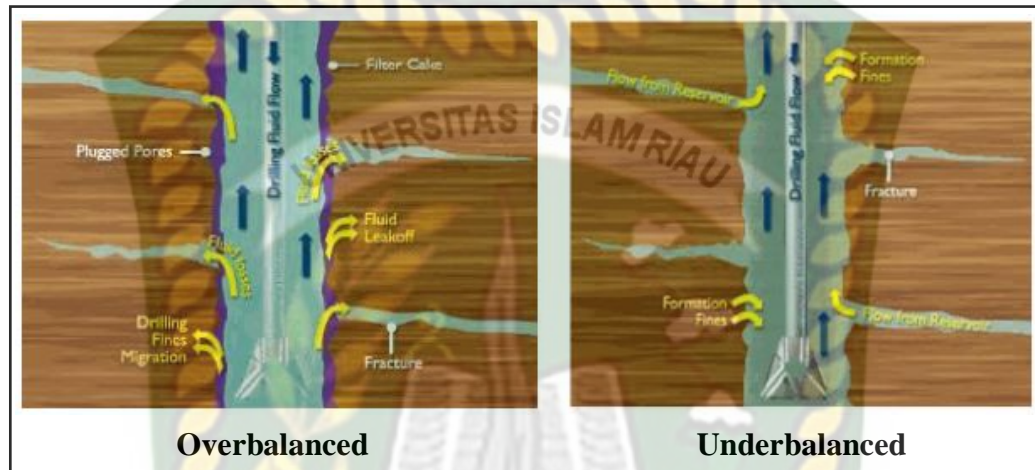
2.1 *Loss Circulation*

Pada lapangan *geothermal*, zona produktif biasanya terletak pada zona yang memiliki rekahan - rekahan alami. Rekahan tersebut pada dasarnya bisa menjadi jalur produksi dan sebagai jalur *recharge*, namun rekahan tersebut juga bisa menimbulkan permasalahan yaitu hilangnya lumpur pemboran pada saat proses pemboran berlangsung (F.K, J.G, & J.N, 2014). Permasalahn *loss circulation* ini selain berdampak pada terhambatnya operasi pemboran juga menimbulkan peningkatan biaya dan waktu operasional (Hashmat, Sultan, Rahman, Shakil Hussain, & Ali, 2017)(Owolabi et al., 2020). Beberapa kerugian lain yang diakibatkan oleh terjadinya *loss circulation* ini adalah hilangnya lumpur pemboran baik sebagian (*partial loss*) atau seluruhnya (*total loss*), adanya akumulasi *cutting* di anulus bisa menyebabkan pipa terjepit, serta penurunan tekanan sumur secara drastis bisa menyebabkan *kick* dan *blow out* (F.K et al., 2014)(Makuk, 2013).

2.2 *Underbalanced Drilling*

Underbalanced Drilling adalah suatu metode pemboran yang digunakan untuk mencegah hilangnya fluida pemboran (*loss circulation*), dimana pada prinsipnya proses pemboran dilakukan pada kondisi tekanan formasi dirancang lebih rendah daripada tekanan hidrostatik lumpur di anulus (Jozaei et al., 2019)(Wysocki et al., 2016)(Rooki & Rakhshkhorshid, 2017). Adapun fluida yang digunakan dalam metode *underbalanced drilling* diantaranya yaitu udara, gas, *aerated water* dan *foam* (Saxena A., Ojha K., 2014)(Chepkech Schemwotei, 2011). Terdapat beberapa kelebihan yang dimiliki metode *underbalanced drilling* jika dibanding dengan metode *overbalanced* yaitu mencegah terjadinya *loss circulation*, meningkatkan laju penembusan (ROP), dan tidak menyebabkan kerusakan pada formasi (Gul et al., 2017). Adapun beberapa kekurangan dari metode ini yaitu adanya masalah korosi pada peralatan dikarenakan penggunaan udara sebagai campuran lumpur, kandungan oksigen yang tinggi bisa menyebabkan kebakaran

dan ledakan, memerlukan peralatan tambahan seperti separator dan kompresor serta adanya kendala pada proses penyemenan karena lumpur yang digunakan tidak membentuk penyekat pada zona *loss circulation* (Rubiandini, 2009). Dibawah ini merupakan perbedaan utama antara metode *underbalanced drilling* dengan metode *overbalanced drilling*.



Gambar 2.1 Perbedaan aliran underbalanced dan overbalanced (Putra, 2008)

Gambar 2.1 menunjukkan perbedaan paling mendasar dari metode *overbalanced* dan *underbalanced* yaitu tidak adanya *mud cake* dan filtrat pada metode *underbalanced drilling* (Liew Sin Yoong, 2012)(Putra, 2008).

2.2.1 Peralatan yang digunakan dalam *underbalanced drilling*

Peralatan yang digunakan dalam metode *underbalanced drilling* tidak jauh berbeda dengan peralatan yang digunakan pada metode *overbalanced*, hanya ada beberapa penambahan diantaranya sebagai berikut:

1. Kompresor

Kompresor digunakan untuk memampatkan atau mengompres udara dari atmosfer, tekanan yang dihasilkan bisa mencapai 300 psi dan bisa mengalirkan udara hingga 1150 scfm.



Gambar 2.2 Kompresor
(Putra, 2008)

2. *Booster*

Booster digunakan untuk menambah atau meningkatkan tekanan yang keluar dari kompresor hingga 2500 psi dan mampu mengalirkan udara hingga 2700 scfm.



Gambar 2.3 *Booster*
(Putra, 2008)

3. Mist Pump

Pompa yang digunakan untuk menginjeksikan sejumlah *foaming agent*, *corrosion inhibitor* dan *chemical* lainnya kedalam *standpipe*.



Gambar 2.4 *Mist Pump*
(Putra, 2008)

4. *Geothermal Separator*

Separator digunakan untuk memisahkan lumpur, udara dan *steam*. Lumpur akan kembali ke *shales shaker*, sementara udara dan *steam* akan dilepas ke atmosfer.



Gambar 2.5 *Geothermal Separator*
(Putra, 2008)

2.2.2 Metode Injeksi Udara

Menurut (Råen, 2012) terdapat beberapa cara yang dapat digunakan dalam menginjeksikan udara ke dalam lubang sumur, yaitu

1. Injeksi gas melalui *drill pipe*

Kelebihan dari metode ini yaitu bisa mendapatkan tekanan dasar sumur (BHP) yang rendah, hal ini dikarenakan gas yang diinjeksikan mengalir di sepanjang kolom lumpur, kemudian aliran turbulen yang dihasilkan di sepanjang anulus akan membuat pembersihan lubang sumur menjadi optimal. kekurangan dari

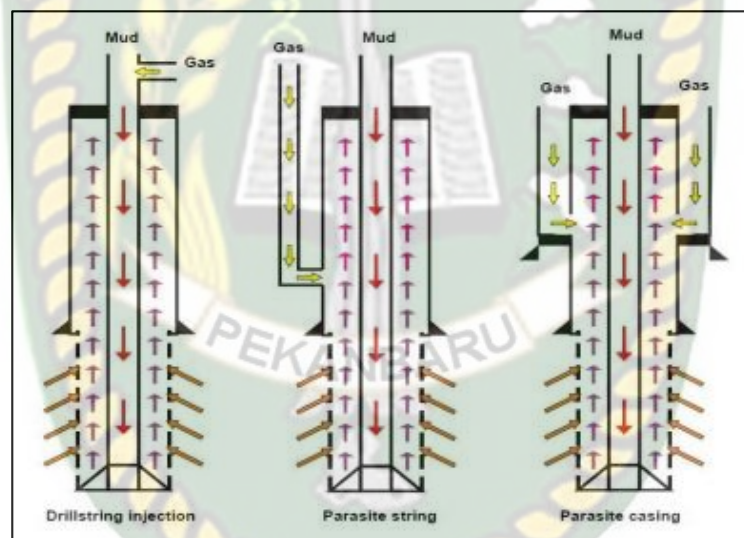
metode ini yaitu pada saat proses penyambungan *string* tekanan dasar sumur akan terganggu.

2. Injeksi gas melalui *parasite string*

Pada metode ini injeksi gas dapat terus dilakukan sehingga tekanan dasar sumur tetap terjaga, namun kekurangan pada metode ini yaitu tidak bisa digunakan pada operasi *sidetrack drilling*.

3. Injeksi gas melalui *concentric casing*

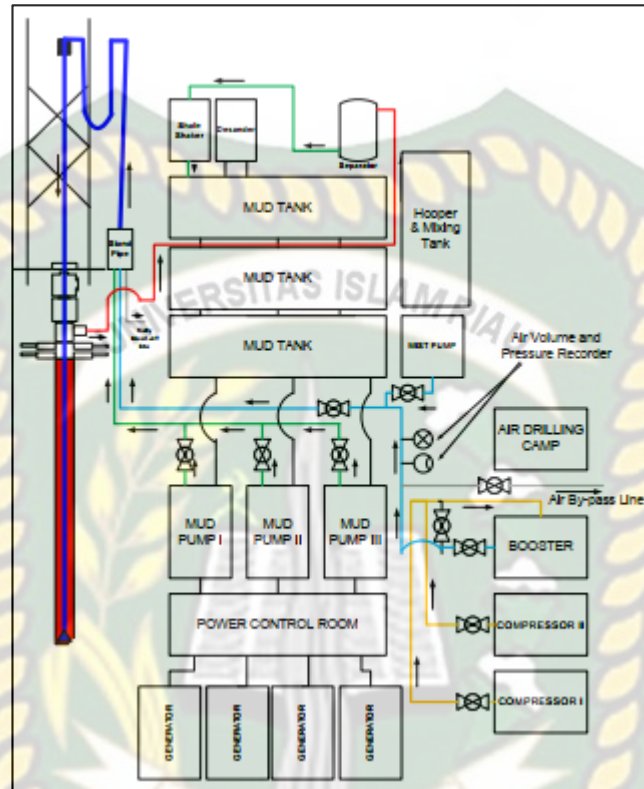
Metode ini memiliki kelebihan yang sama dengan metode *parasite string*, namun kekurangan dalam menggunakan metode ini yaitu adanya kemungkinan sistem sirkulasi yang kurang stabil jika terjadi perubahan *flow regime*.



Gambar 2.6 Perbedaan metode injeksi udara
(Råen, 2012)

2.2.3 *Layout Aerated Drilling*

Berikut ini merupakan contoh *layout* dari proses *underbalanced drilling* dengan menggunakan lumpur aerasi.



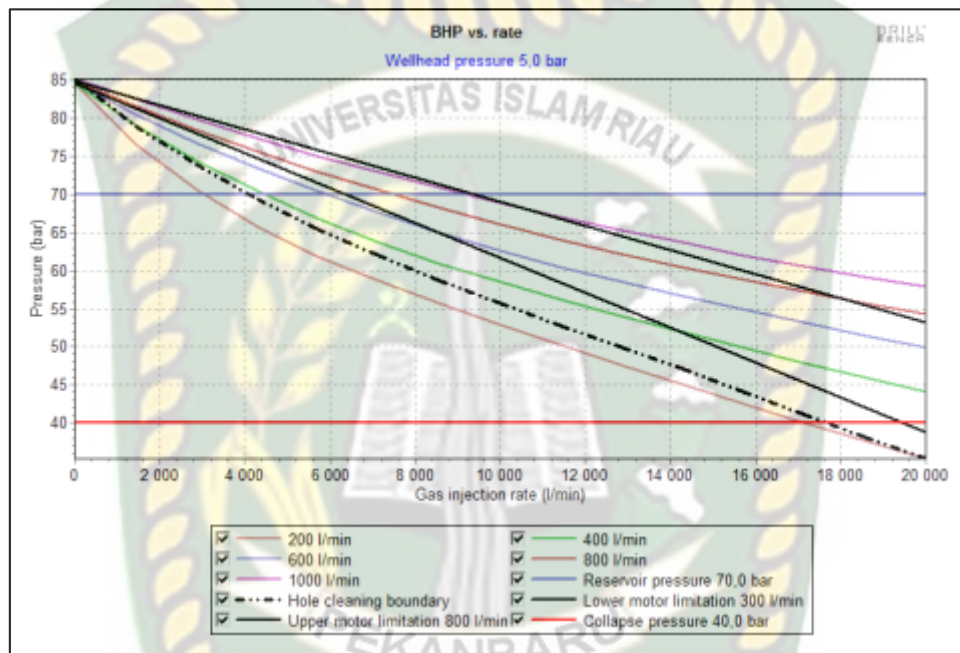
Gambar 2.7 Layout aerated drilling
(Putra, 2008)

2.3 Bottom Hole Pressure Operating Area

Bottom hole pressure operating area adalah suatu grafik yang menunjukkan hubungan antara tekanan dasar sumur (BHP) dengan laju injeksi gas serta laju injeksi *liquid* yang berbeda. Untuk mendapatkan nilai *bottom hole operating area* ada beberapa parameter yang harus diketahui, diantaranya yaitu:

1. Tekanan reservoir
2. Tekanan *collapse*, yaitu minimum tekanan dasar sumur yang diperbolehkan untuk menghindari terjadinya *borehole collapse*
3. Laju injeksi minimal gas untuk menghasilkan turbulensi
4. Laju injeksi maksimal gas
5. Laju minimal dan maksimal *liquid*, dan
6. Kapasitas maksimal *downhole motor*.

Setelah semua diketahui langkah selanjutnya adalah menentukan *rate* dari *gas* dan *liquid* yang harus diimplementasikan dalam *underbalanced drilling operation* sehingga operasi tersebut berjalan dengan optimal dan aman (Råen, 2012)(Dwinanto & Rachmat, 2015). Di bawah ini merupakan contoh dari BHP operating area.



Gambar 2.8 *UB Operating Envelope*
(Råen, 2012)

2.4 *Cuttings Transport Ratio*

Cuttings transport merupakan salah satu aspek yang menjadi perhatian penting dalam pelaksanaan suatu operasi pemboran, nilai *cuttings transport ratio* yang rendah tentu akan menyebabkan banyak permasalahan seperti menurunkan laju penembusan (ROP), menambah nilai *plastic viscosity* dan kemungkinan terjadinya *stuck pipe* atau pipa terjepit. Permasalahan seperti ini pasti harus dihindari karena akan menyebabkan pembengkakan pada biaya operasi. Banyak faktor yang mempengaruhi nilai *cuttings transport ratio* diantaranya yaitu struktur sumur, laju alir lumpur, karakteristik lumpur, putaran pipa dan laju penembusan (Rooki & Rakhshkhorshid, 2017). Menurut (Martasari, Yoga, & Aditya, 2017) dan (Rubiandini, 2009) nilai *Cuttings transport ratio* dikatakan baik apabila nilainya

lebih atau sama dengan 80% di sepanjang *open hole* dan konsentrasi *cutting* di anulus tidak lebih dari 5%.

2.5 *UB Minimal Oxygen Content for Combustion*

Kebakaran dan ledakan di dalam lubang sumur sangat mungkin terjadi pada pelaksanaan pemboran *underbalanced* karena adanya kandungan udara, oksigen dan kandungan bahan mudah terbakar lainnya. kandungan oksigen dalam udara yang semakin banyak dalam fluida pemboran serta tekanan dan temperatur yang tinggi semakin meningkatkan terjadinya kemungkinan terbakar (Dwinanto & Rachmat, 2015). Dalam metode *underbalanced drilling* dengan menggunakan lumpur aerasi, injeksi udara menjadi salah satu unsur yang paling penting dalam keberhasilan operasi tersebut karena udara berperan untuk mengurangi densitas lumpur. Untuk menjaga agar operasi *underbalanced drilling* berjalan lancar dan aman maka kontrol terhadap kandungan oksigen dalam lumpur harus diperhitungkan dengan tepat. Adapun kandungan minimal oksigen yang dapat memungkinkan terjadinya kebakaran dan ledakan adalah sebesar 12% (Malloy, Medley, & Rick Stone, 2007) .

2.6 *State of The Art*

Wiliam Liew Sin Yoong dari Universiti Teknologi Petronas dalam disertasinya yang berjudul “*Calculation of Equivalent Circulation Densities (ECDs) in Underbalanced Drilling Using Landmark WELLPLAN*” melakukan penelitian tentang perhitungan nilai *Equivalent Circulation Densities (ECDs)* dengan menggunakan dua metode yaitu perhitungan secara manual dengan pendekatan *Beggs and Brill Method* dan dengan menggunakan *software WELLPLAN*. Keberadaan gas dalam komposisi lumpur pemboran menjadikan perhitungan *ECDs* lebih rumit dan sulit mendapatkan hasil yang sempurna. Dengan menggunakan campuran air dan udara dalam *aerated fluids* maka digunakan data eksperimental penurunan tekanan (*pressure drop*) untuk membandingkan nilai *frictional pressure loss* dari hasil perhitungan manual dan simulator. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dalam *software WELLPLAN* nilai *ECDs* diabaikan pada setiap inklinasi, sementara pada *Beggs and Brill Method*

menunjukkan nilai *ECDs* yang akurat dalam bagian horizontal namun kurang akurat dalam bagian yang mempunyai inklinasi (Liew Sin Yoong, 2012).

Siamak Akhshik dan Majid Rajabi dalam karya ilmiah yang berjudul “*CFD-DEM Modeling of Cutting Transport in Underbalanced Drilling Considering Aerated Mud Effect and Downhole Condition*” melakukan penelitian mengenai model *CFD (Computational Fluid Dynamic)-DEM (Discrete Element Methode)* untuk mempelajari transportasi serpih bor dalam proses pemboran airasi (*aerated drilling*). Model ini memperhitungkan pengaruh dari laju alir liquid, laju injeksi udara, sudut inklinasi anulus, kenaikan temperatur dan tekanan terhadap efisiensi pengangkatan serpih bor (*cutting*). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa efisiensi pengangkatan serpih bor dipengaruhi oleh gas-liquid ratio, temperatur di sekeliling lubang bor dan tekanan injeksi (Akhshik & Rajabi, 2018).

Mohsen K, Ebrahim H dan Younes Shekari dalam karya ilmiah yang berjudul “*Modeling and Simulation of Underbalanced Drilling Operation Using Two-Fluid Model of Two-Phase Flow*” melakukan penelitian dengan membuat model simulasi aliran dua fasa gas dan liquid untuk bisa memperhitungkan dengan tepat nilai *bottom hole pressure* dan parameter yang lainnya seperti tekanan, *volume fraction* dan *velocities*. *software WELLFLO* juga digunakan untuk memvalidasi hasil dari simulasi dengan menggunakan model *mechanistic* yang berbeda. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa *two-fluid model* dapat dengan tepat memperhitungkan nilai *bottom hole pressure* dan parameter lainnya (Khezrian, Hajidavalloo, & Shekari, 2015).

Nziokia F.K, Githiri J.G, dan Kamau J.N dari *Kenyatta University of Agriculture and Technology* dalam karya tulis ilmiah yang berjudul “*Contribution of Underbalanced Drilling to Production Capacity at Olkaria Geothermal Steamfield in Kenya*” melakukan penelitian tentang efektivitas metode *underbalanced drilling* dalam menangani permasalahan yang timbul pada saat *balanced drilling* dilakukan seperti adanya *loss circulation, wellbore collapse*, laju peneterasi (ROP) yang rendah dan adanya kerusakan formasi. permasalahan tersebut menjadikan adanya pembengkakan biaya untuk pemboran. Dalam penelitian ini *underbalanced drilling* disimulasikan dengan menggunakan simulator

HUBS (*Hydraulic Underbalanced Drilling*). Hasil dari simulasi menunjukkan *cutting concentration* kurang dari 5%, *optimum circulation rate* 0,03 m³/menit dan hampir dari 70% dari sampel simulasi tidak mengalami *loss circulation* (F.K et al., 2014).

Abraham dan Magaly Flores dalam karya ilmiah yang berjudul “*Underbalanced Drilling: Production Result in Wells at Los Azufres Geothermal Field, Mexio*” melakukan penelitian tentang penerapan metode *underbalanced drilling* pada lapangan *Los Azufres* yang terletak di *State of Michoacan Mexico*. sebelumnya 70 sumur telah dibor dengan menggunakan metode *overbalanced*, namun metode tersebut mengakibatkan adanya kerusakan formasi yang diakibatkan terlalu banyak fuida pemboran yang masuk kedalam formasi. Atas beberapa pertimbangan maka metode *underbalanced drilling* dicoba untuk diaplikasikan pada enam sumur baru dengan tujuan mengatasi masalah tersebut dan hasilnya menunjukkan bahwa setelah dilaksanakan *underbalanced drilling* tidak didapatkan kerusakan pada formasi (Molina Martínez & Flores Armenta, 2015).

Aris wahkyudin, Deni Setiawan dan Oscar Dwi Marjuan dari Institute Teknologi Bandung dalam karya ilmiah yang berjudul “*Aerated Drilling Cutting Transport Analysis in Geothermal Well*” menjelaskan bahwa *aerated drilling* memberikan banyak keuntungan tersendiri seperti dapat mencegah terjadinya *loss circulation*, meningkatkan laju penembusan dan menghindari masuknya lumpur pemboran kedalam formasi produktif. perbedaan antara lingkungan migas dengan *geothermal* memberikan tantangan sendiri dalam eksekusi pengeboran, terutama pada pemboran sumur *geothermal* dimana temperaturnya lebih tinggi dibandingkan dengan sumur migas. temperatur tinggi ini juga berpengaruh terhadap performa *aerated drilling* dimana nilai densitas akan berubah (Wahkyudin et al., 2017).

Muhammad Zaki dan Sugiatmo dari Universitas Trisakti dalam karya ilmiah yang berjudul “*Evaluasi Pemboran Aerasi pada Sumur Panas Bumi dengan Pendekatan Jendela Rasio Gas Cairan*” menggunakan metode *Guo-Ghalambor* dalam menangani pemasalah yang timbul dalam pemboran aerasi. Metode ini digunakan untuk mengetahui tekanan maksimum dan minimum lubang sumur pada kondisi statis maupun dinamis yang kemudian dibandingkan dengan tekanan

formasi. Hasil dari penelitian ini adalah pada sumur X trayek 17,5 dengan laju pompa 800 gpm dan laju injeksi gas 1500 scfm menyebabkan terjadinya *loss circulation* karena nilai *ECD* melebihi tekanan formasi, kondisi tersebut bisa diatasi dengan menaikkan laju injeksi gas menjadi 1900 gpm dan didapatkan nilai *ECD* yang lebih kecil (Fadhillah & Kasmungin, 2018).

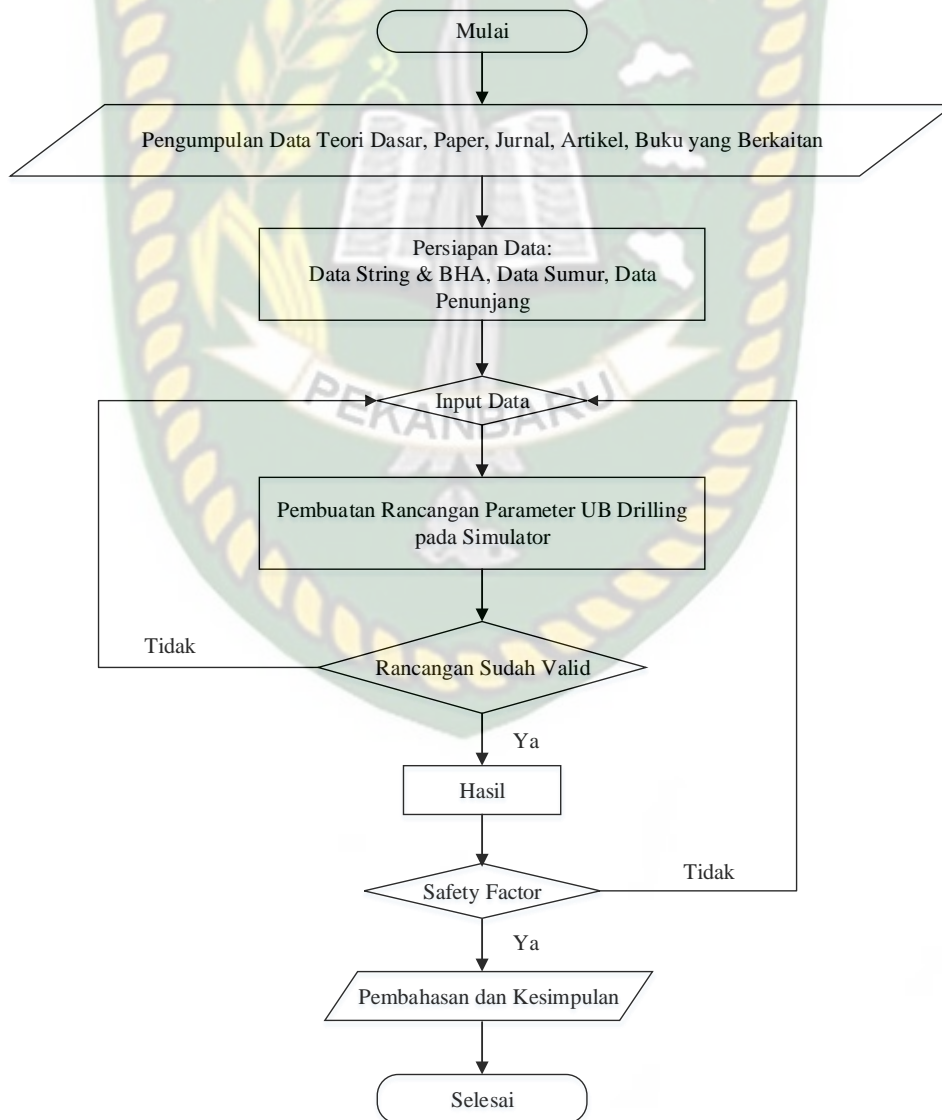
Toni Apriyansah, Raka Aditya Pratama, Imam M Prasetyo dan Muhamad Bayu Saputra dari Pertamina *Geothermal Energy* dalam karya tulis ilmiah yang berjudul “*The Deepest Geothermal Well in Indonesia: A Success Story of Aerated Drilling Utilization*” melakukan penelitian tentang keberhasilan penggunaan metode *aerated drilling* dalam mengatasi permasalahan *loss circulation* pada sumur *geothermal* HLS-E1 di lapangan Hululais Bengkulu, Indonesia. Metode ini terbukti lebih efektif dan efisien jika dibandingkan dengan metode injeksi LCM (*loss circulation material*) dan *cement plug* pada zona *loss circulation* baik itu *partial loss* maupun *total loss* (Toni, Pratama, Prasetyo, & Saputra, 2016).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian Tugas Akhir ini berjudul “Perancangan *Underbalanced Drilling Hydraulics* Sumur *Geothermal* untuk Meminimalisasi *Loss Circulation* dan *Pipe Sticking* dengan Menggunakan Simulator Pemboran”. Penelitian ini dilakukan menggunakan permodelan dengan menggunakan Simulator Pemboran. Data yang digunakan adalah data hipotetik yang didapat dari *paper* dan jurnal.

WORKFLOW TUGAS AKHIR

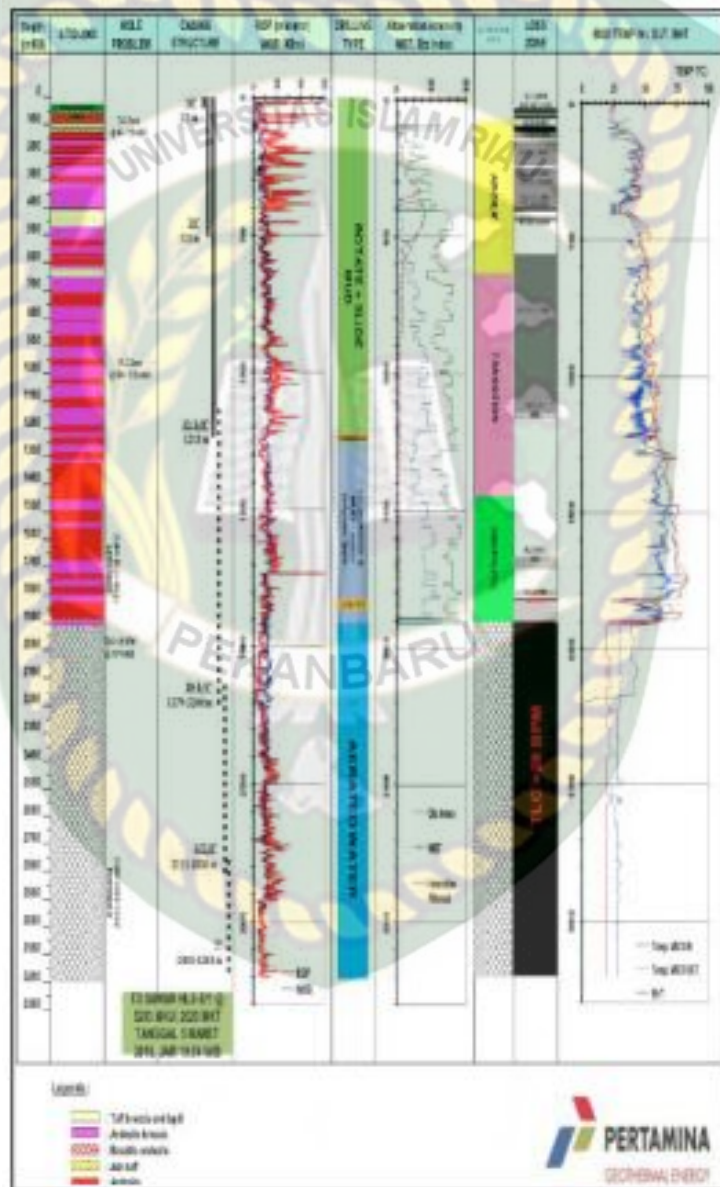


Gambar 3. 1 Flow Chart

3.1 Data-Data yang dibutuhkan dalam Model Simulasi

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hipotetik yang bersumber dari jurnal atau *paper* yang sesuai dengan topik penelitian. Adapun beberapa data tersebut, yaitu:

1. Data Litologi Sumur



Gambar 3.2 Litologi Sumur
(Toni et al., 2016)

Litologi dari lapangan Hululais ini didominasi oleh batuan *lava andesite* dan batuan *pyroclastic* serta *diorite*. Zona permeabel dan produktif berada pada

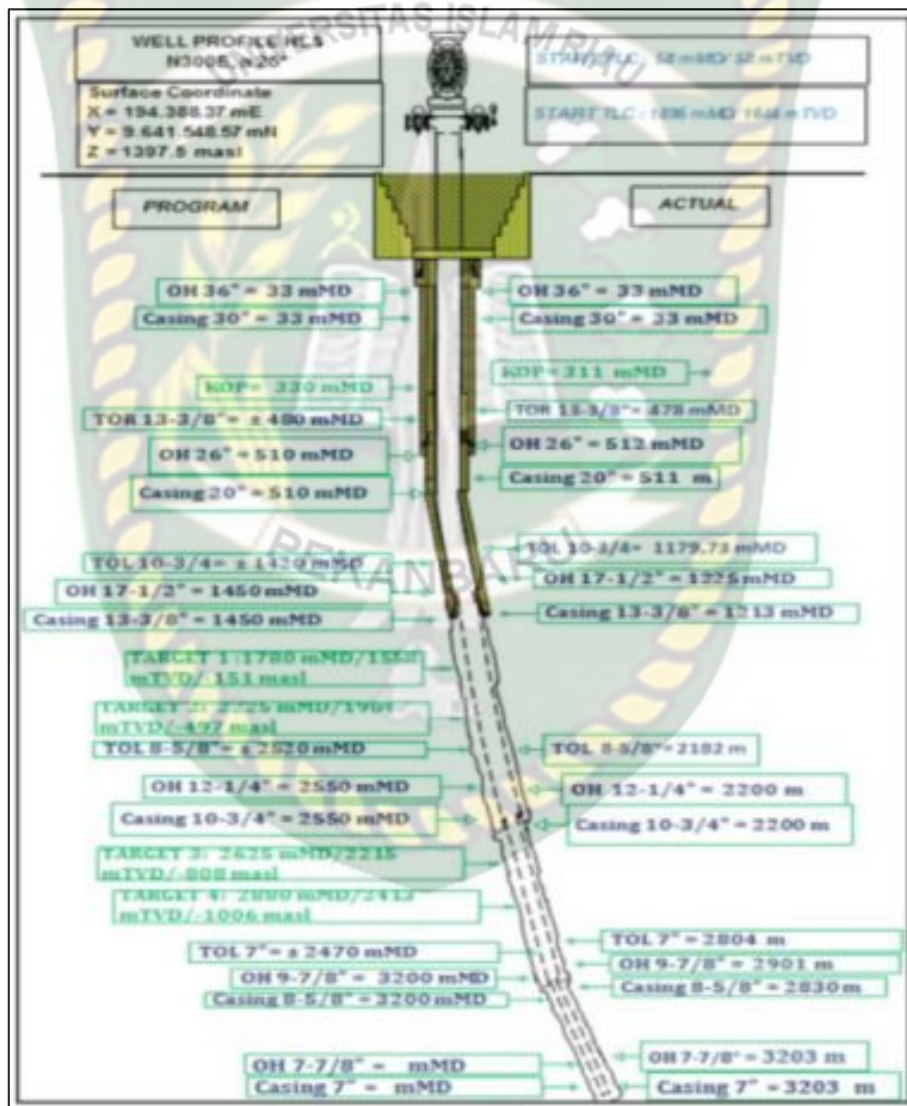
kedalaman 1900 mMD sampai kedalaman 3203 mMD dengan terdapatnya rekahan-rekan pada batuan *lava andesite*.

2. Data Well Trajectory

Depth 3202 mMD

KOP 311 mMD

3. Data Profil Sumur



Gambar 3.3 Profil Sumur
(Toni et al., 2016)

4. Konfigurasi *Casing*Tabel 3.1 Konfigurasi *Casing*

<i>Depth (mMD)</i>	<i>Open Hole (in)</i>	<i>Casing (in)</i>	<i>Problem</i>
0 - 33	36	30	-
33 - 512	26	20	<i>Total Loss Circulation at 46 & 57 mMD</i>
512 - 1225	17	13 ³ / ₈	<i>Partial Loss Circulation at 1220 – 1225 mMD</i>
1225 - 2200	12 ¹ / ₄	10 ³ / ₄	<i>Total Loss Circulation at 1779 & 1895 mMD</i>
2200 - 2830	9 ⁷ / ₈	8 ⁵ / ₈	<i>BHA Stuck at 2450 mMD</i>
2830 - 3200	7 ⁷ / ₈	7	<i>Massive Loss Circulation at 2901 – 2921 mMD</i>

Dalam penelitian ini penulis mengambil *section open hole* 12 ¹/₄ untuk dilakukan simulasi penerapan metode *underbalance drilling* dengan menggunakan lumpur aerasi untuk mencegah terjadinya *loss circulation*.

5. *Data String & BHA*

Pada pengeboran *section open hole* 12 ¹/₄, *string* dan *BHA* yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. *Tri-cone Bit (OD 12")*
- b. *Mud Motor (OD 8")*
- c. *Drill Collar (OD 8")*
- d. *Heavy Weight Drill Pipe (OD 5")*
- e. *Drill Pipe (OD 5")*

6. *Data Pressure*

- a. *Pore Pressure = 0,425 psi/ft (subnormal pressure)*
- b. *Fracture Gradient = 0,621 psi/ft (assumption)*

7. Data *Temperature*

Temperature pada reservoir target berkisar antara 260 °C - 295 °C.

3.2 Tempat Penelitian/Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan di kampus **Universitas Islam Riau, Pekanbaru.**

3.3 Rencana Kegiatan

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan yaitu dari 1 juli sampai 30 september 2020, dari mulai pengumpulan literatur dan data, melakukan simulasi sampai pada mendapatkan hasil.

Tabel 3.2 Jadwal Kegiatan Penelitian

Kegiatan	Tahun 2020 - 2021													
	November					Desember				Januari				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Studi Literatur	■	■	■	■	■									
Pendalaman Simulation	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Pengambilan Data						■	■	■	■					
Pengolahan Data									■	■	■	■		
Pembuatan Laporan											■	■	■	■

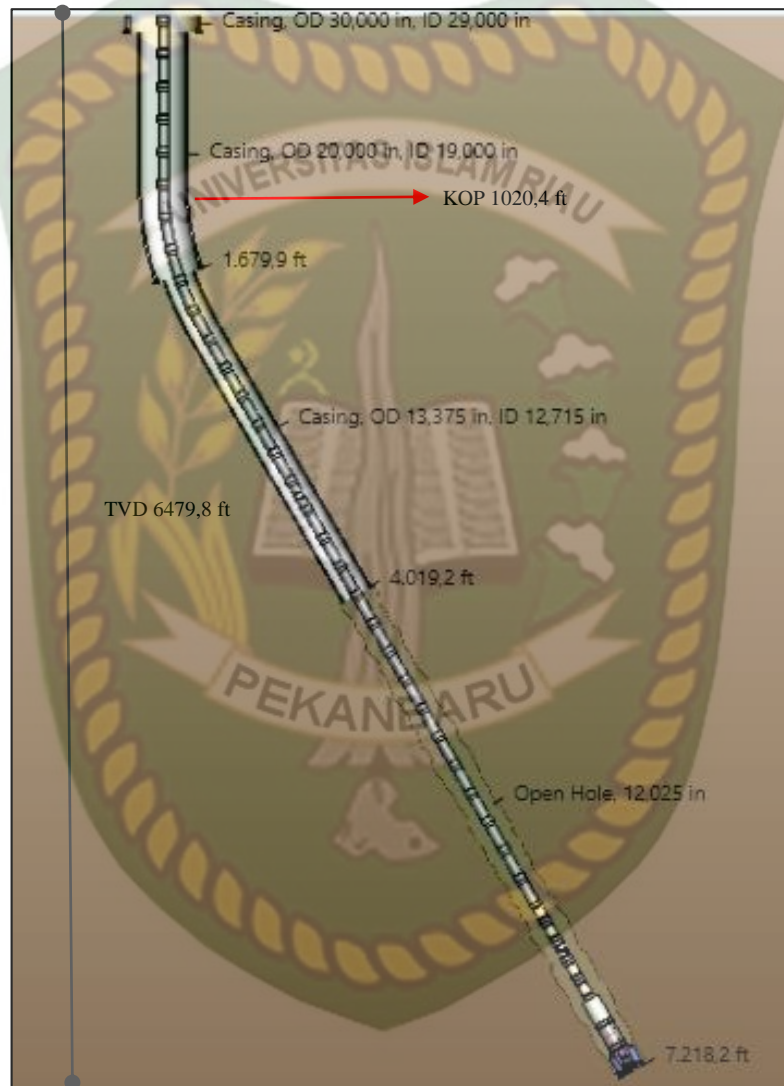
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam Surah Al – Baqarah ayat 29 Allah SWT Berfirman “Dia-lah Allah, yang menjadikan segala sesuatu yang ada di bumi untuk kamu, dan Dia (berkehendak) menciptakan langit, lalu dijadikan-Nya tujuh langit. Dan Dia maha mengetahui segala sesuatu”. Sumber energi panas bumi atau *geothermal energy* merupakan salah satu anugerah yang Allah SWT berikan kepada umat manusia untuk bisa dieksplorasi dan dimanfaatkan dengan sebaik - baiknya. Di era *modern* seperti sekarang, energi menjadi salah satu kebutuhan primer manusia, keberadaannya sangat dibutuhkan dalam berbagai sektor kehidupan. *Geothermal energy* menawarkan sesuatu yang berbeda dibandingkan energi fosil, energi yang bersumber dari panas bumi ini terbukti lebih ramah lingkungan dan dapat diperbaharui selama masih ada sumber air untuk media *recharge*. Meskipun demikian dalam proses eksplorasi dan eksploitasinya bukanlah hal yang mudah dan memiliki banyak hambatan, salah satunya adalah hilangnya lumpur pemboran atau *loss circulation* pada saat pemboran berlangsung, hal ini diakibatkan oleh batuan reservoir panas bumi yang cenderung memiliki rekahan rekahan alami.

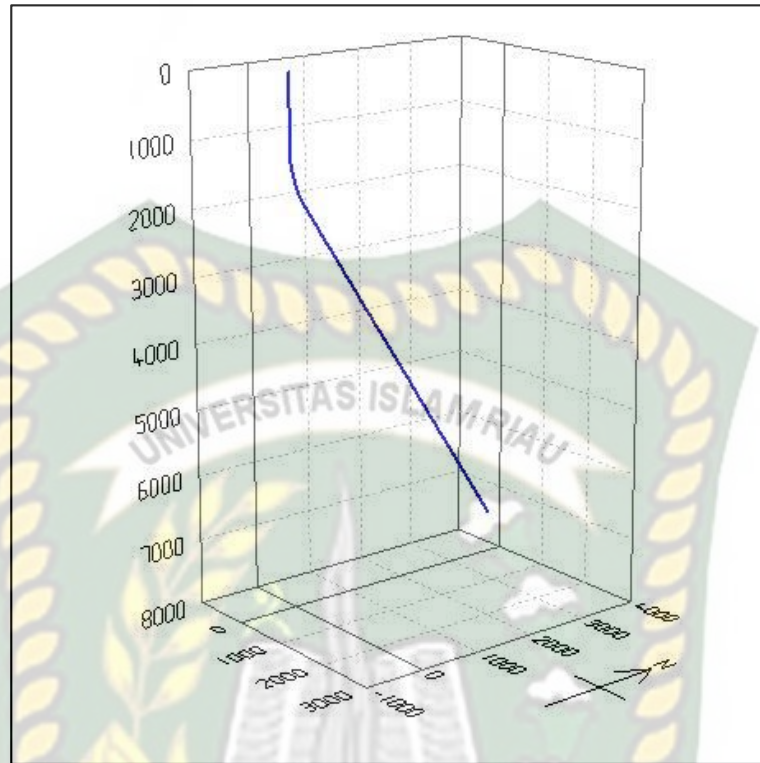
Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan hidrolika lumpur pada metode *underbalanced drilling* yang diterapkan pada Sumur WP 16 lapangan X yang memiliki masalah hilang lumpur pemboran seluruhnya (*total loss circulation*) pada *section open hole* 12 1/4 in pada rentang kedalaman 1225 m MD sampai 2200 m MD. Litologi dari reservoir sumur WP 16 ini didominasi oleh batuan *lava andesite* yang memiliki rekahan-rekahan. Lumpur yang akan digunakan dalam metode ini adalah lumpur aerasi yaitu campuran lumpur biasa dan udara terkompresi yang bertujuan untuk menurunkan desitas lumpur pemboran. Adapun pembuatan rancangan hidrolika lumpur pemboran *underbalanced* akan dilakukan dengan menggunakan simulator pemboran.

4.1 Well Schematic

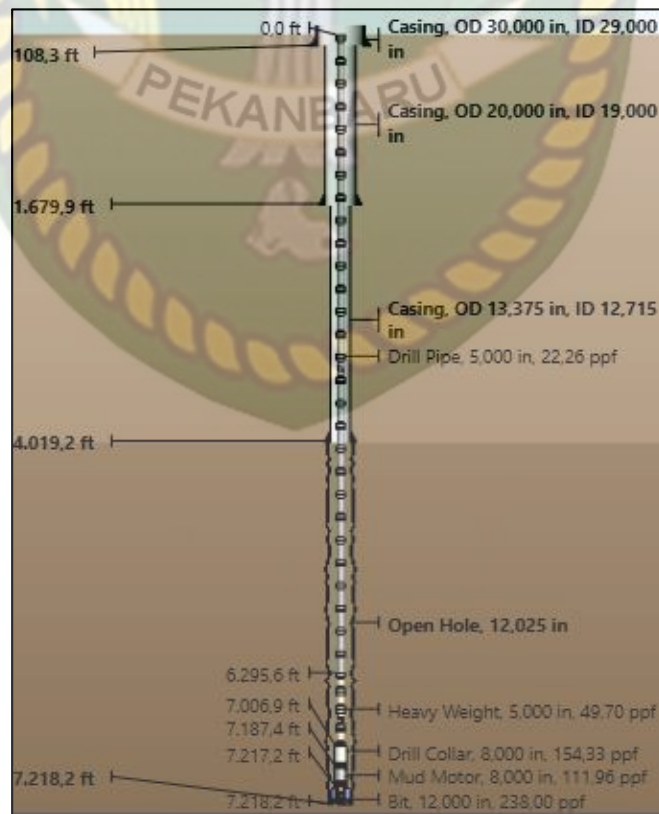
Well schematic ini terdiri dari *deviated schematic*, *open hole* dan *string schematic*, keduanya didapatkan setelah menginput data - data seperti data *trajectory*, data *string* dan BHA serta data konfigurasi *casing* yang digunakan.



Gambar 4.1 *Deviated Schematic*



Gambar 4.2 Deviated Schematic Compass

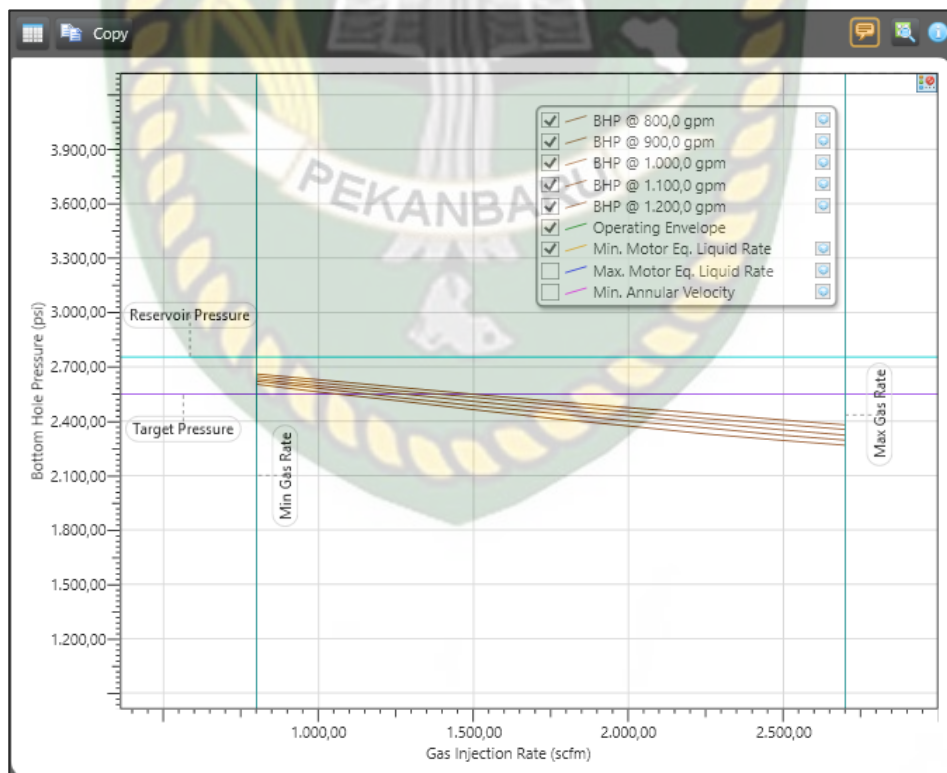


Gambar 4.3 Open hole & String Schematic

Sumur WP 16 ini memiliki kedalaman 7.218,2 ft MD dan 6479,8 ft TVD, *Kick of Point* berada pada kedalaman 1020,4 ft. Adapun konfigurasi *casing* yang telah berhasil dipasang yaitu 30", 20", dan 13 3/8" sampai kedalaman 4019,2 ft. Selanjutnya proses pengeboran *open hole* 12 1/4" sampai kedalaman 6479,8 ft dimana terjadi masalah hilang lumpur secara menyeluruh (*total loss*).

4.2 Penentuan *UB Operating Envelope*

Underbalanced drilling operating envelope atau disebut juga *underbalanced drilling operating window* merupakan serangkaian batasan atau limitasi beberapa parameter dimana sistem operasi pengeboran *underbalanced* dapat berjalan dengan aman dan efektif. Beberapa parameter tersebut yaitu jumlah minimum dan maksimum injeksi udara (scfm) dan lumpur (gpm), *motor equivalent liquid rate*, *minimum annulus velocity*, *target pressure* dan *reservoir pressure*. Berikut merupakan *UB operating envelope* dari sumur WP 16



Gambar 4.4 *UB Operating Envelope*

Pada gambar 4.4 di atas diketahui tekanan reservoir adalah 2753,91 psi, nilai tersebut didapatkan berdasarkan *well path*, *string header* dan *pore pressure* yang

telah ditentukan sebelumnya. Batas minimal laju injeksi gas yaitu 800 scfm (asumsi minimal injeksi gas yang dapat menghasilkan turbulensi di anulus) dimana turbulensi diperlukan untuk bisa mengangkat cutting ke permukaan, sedangkan batas maksimal laju injeksi gas yaitu 2700 scfm (rata – rata yang digunakan pada lapangan di Indonesia) (Putra, 2008). Batas minimal laju injeksi lumpur yaitu 800 gpm (*rule of thumb* PGE) sedangkan batas maksimal laju injeksi lumpur yaitu 1200 Gpm (maksimal kapasitas pompa yang digunakan). Setelah parameter – parameter diatas diketahui, selanjutnya adalah menentukan *target pressure*, agar operasi pemboran *underbalanced drilling* berjalan dengan aman dan optimal maka penentuan *target pressure* harus berada di bawah tekanan formasi dan diatas tekanan *collapse*, dimana tekanan *collapse* adalah tekanan hidrostatik paling rendah yang bisa menyebabkan *bore hole* atau lubang sumur runtuh atau rusak (Råen, 2012). Dikarenakan tekanan *collapse* tidak diketahui maka *pressure target* diasumsikan berada pada tekanan 2550 psi atau 203 psi lebih rendah daripada tekan formasi tetapi masih berada di atas tekanan *collapse*. Setelah *target pressure* diketahui maka didapatkan beberapa alternatif laju injeksi lumpur dan udara yang bisa diterapkan.

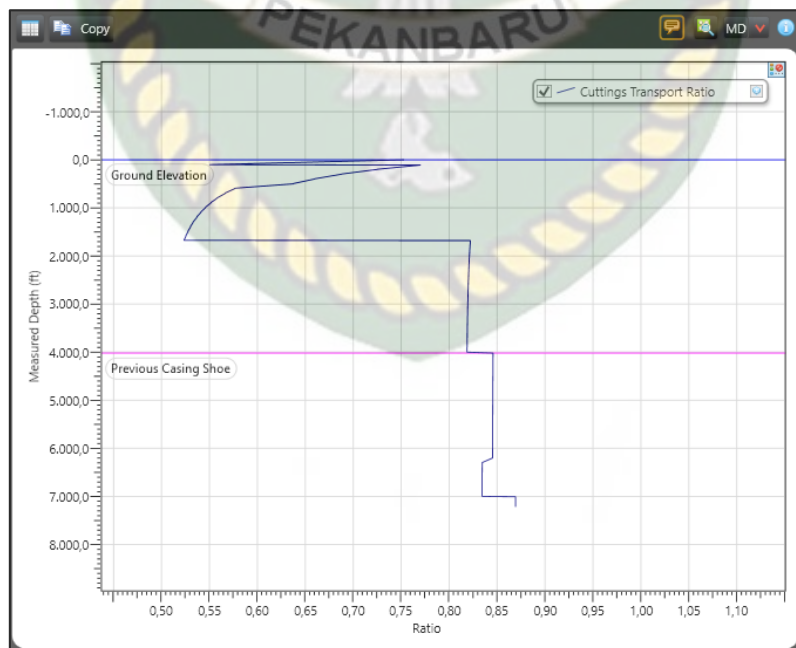
Tabel 4.1 Alternatif Injeksi Lumpur dan Gas Berdasarkan Target Pressure

<i>Liquid Rate</i> (gpm)	<i>Gas Rate</i> (scfm)
800	1050
900	1160
1000	1280
1100	1400
1200	1485

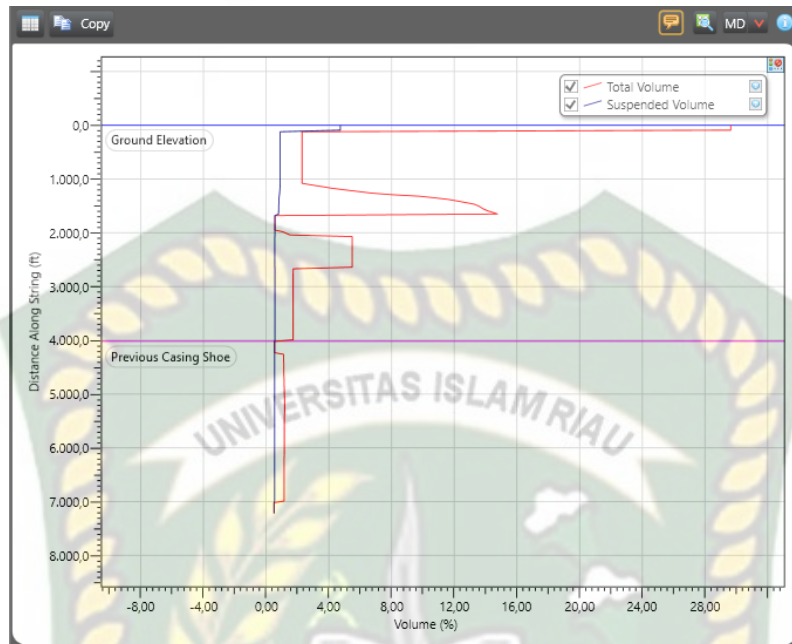
4.3 Cuttings Transport Ratio

Cuttings transport ratio bisa dijadikan sebagai salah satu indikator keberhasilan dalam operasi pengeboran *underbalanced*, nilai dari *cuttings transport ratio* merepresentasikan banyaknya *cutting* yang berhasil terangkat ke permukaan, semakin banyak rasio *cutting* yang terangkat akan semakin bagus, namun apabila rasio *cutting* yang terangkat ke permukaan rendah maka kemungkinan *cutting* tersebut mengendap dan terakumulasi di sekitar lubang bor dan bisa menyebabkan beberapa permasalahan seperti pipa terjepit, laju penembusan yang rendah dan *plastic viscosity* menjadi naik, adapun nilai *cuttings transport ratio* dikatakan baik dan berhasil apabila nilainya minimal 80% di *open hole* dengan konsentrasi maksimal *cutting* di anulus kurang dari 5% (Martasari et al., 2017)(Rubiandini, 2009). Nilai *cuttings transport ratio* yang didapatkan tergantung dari berapa laju lumpur dan gas yang diinjeksikan serta berapa besar anular *velocity*. Pada sumur WP 16 ada beberapa alternatif laju injeksi lumpur dan gas yang bisa diterapkan dengan anular *velocity* yang sama (118,1 ft/min), yaitu:

1. Injeksi 800 gpm lumpur 1050 scfm udara



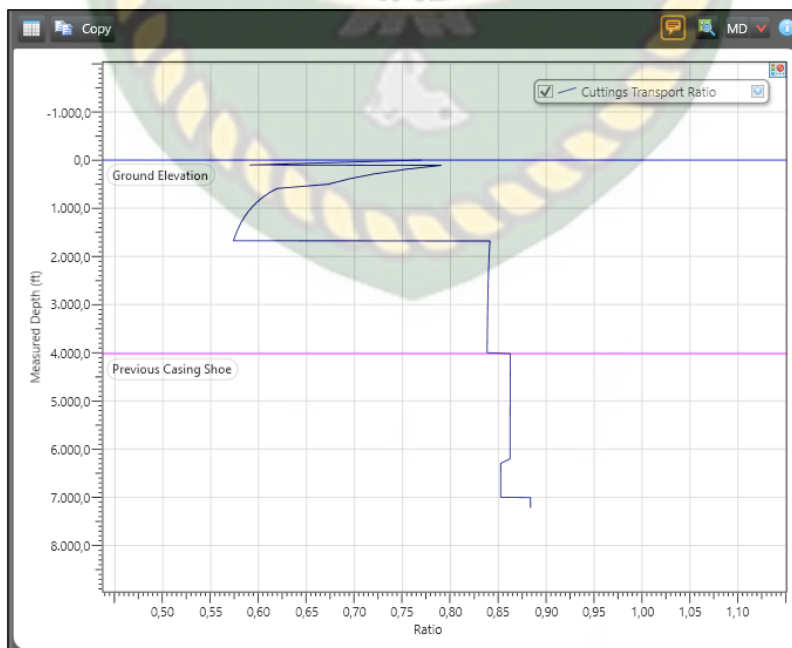
Gambar 4.5 *Cuttings Transport Ratio* 800 gpm 1050 scfm



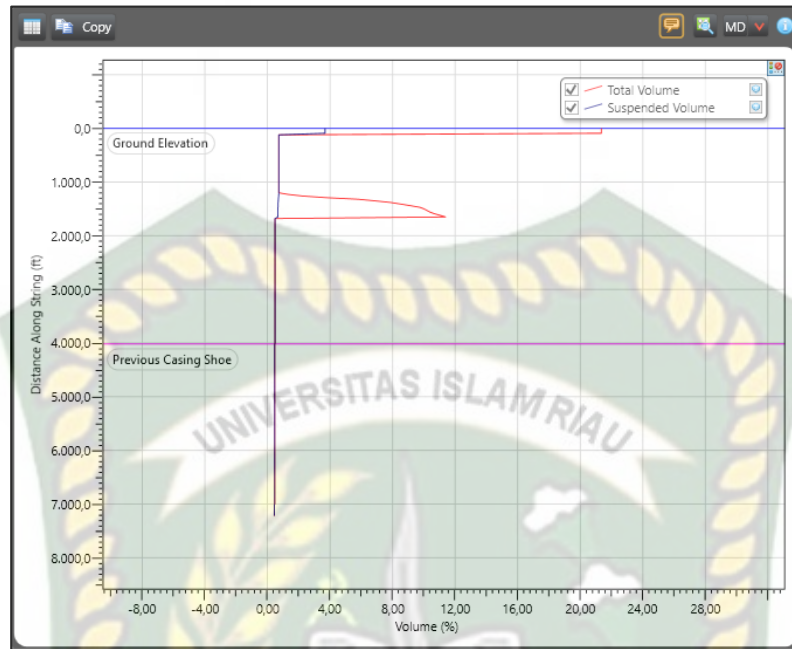
Gambar 4.6 *Cuttings Concentration 800 gpm 1050 scfm*

Pada injeksi 800 gpm lumpur dan 1050 scfm udara, didapatkan nilai *cuttings transport ratio* 83 % - 87 % di sepanjang *openhole*, sementara *cuttings concentration* 1.14 % .

2. Injeksi 900 gpm lumpur 1160 udara



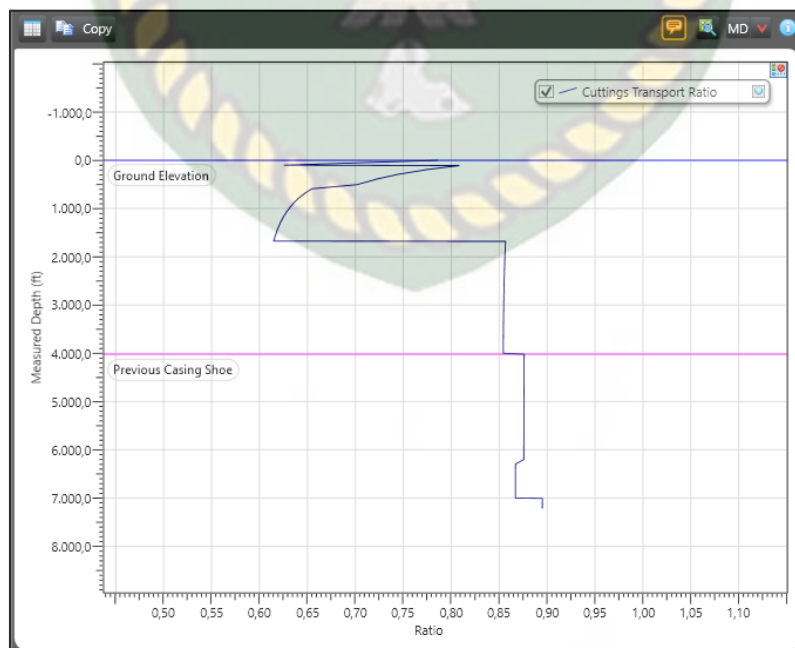
Gambar 4.7 *Cuttings Transport Ratio 900 gpm 1160 scfm*



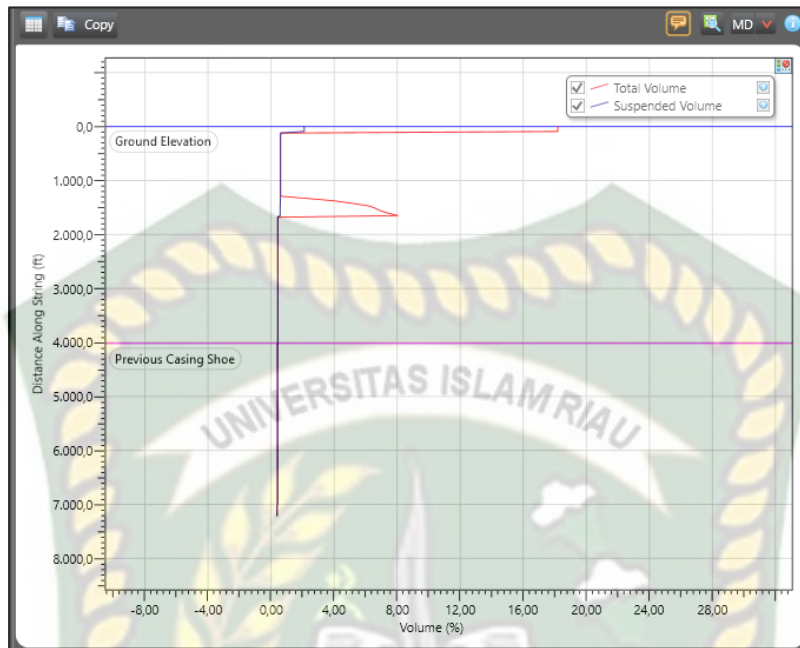
Gambar 4.8 *Cuttings Concentration 900 gpm 1160 scfm*

Pada injeksi 900 gpm lumpur dan 1160 scfm udara, didapatkan nilai *cuttings transport ratio* 85 % - 88 % di sepanjang *openhole*, sementara *cuttings concentration* 0,47 % .

3. Injeksi 1000 gpm lumpur 1280 udara



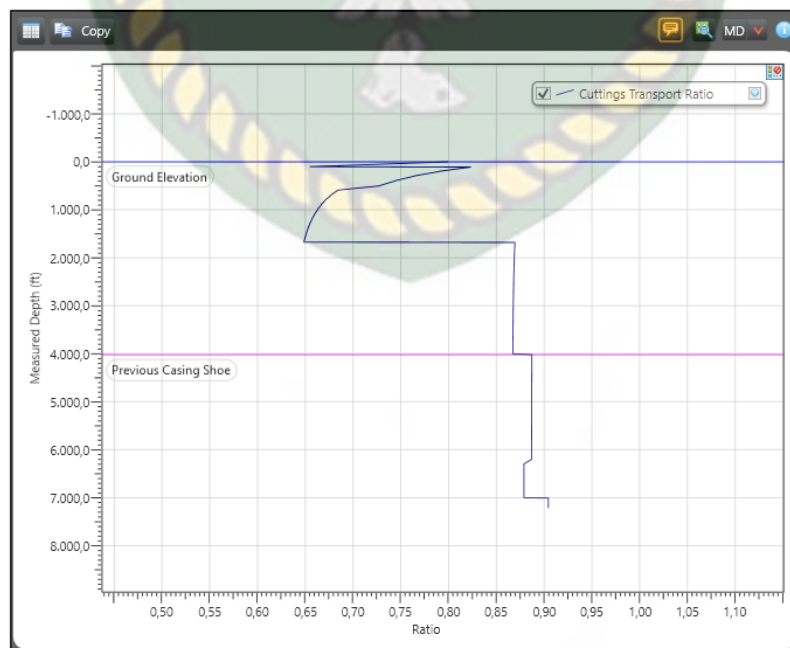
Gambar 4.9 *Cuttings Transport Ratio 1000 gpm 1280 scfm*



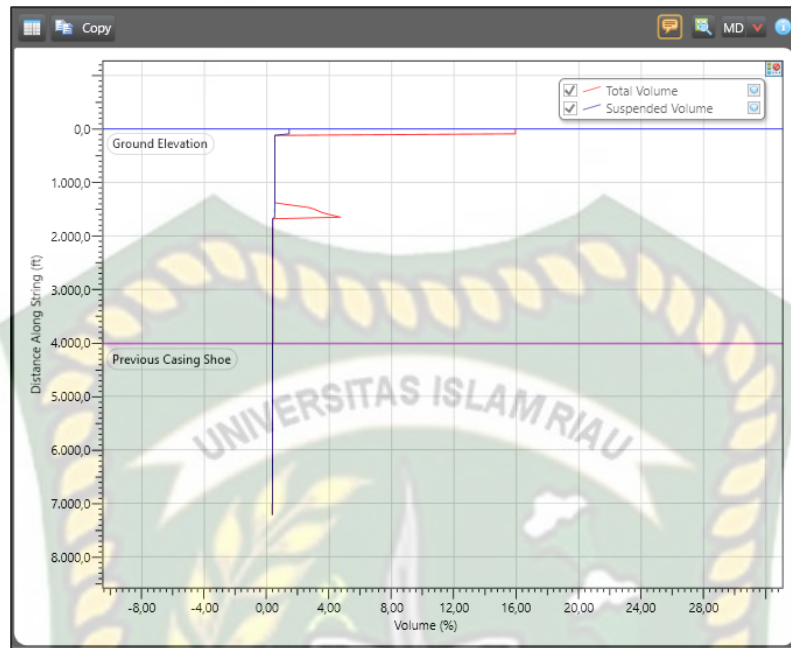
Gambar 4.10 *Cuttings Concentration 1000 gpm 1280 scfm*

Pada injeksi 1000 gpm lumpur dan 1280 scfm udara, didapatkan nilai *cuttings transport ratio* 87 % - 90 % di sepanjang *openhole*, sementara *cuttings concentration* 0,39 %.

4. Injeksi 1100 gpm lumpur 1400 udara



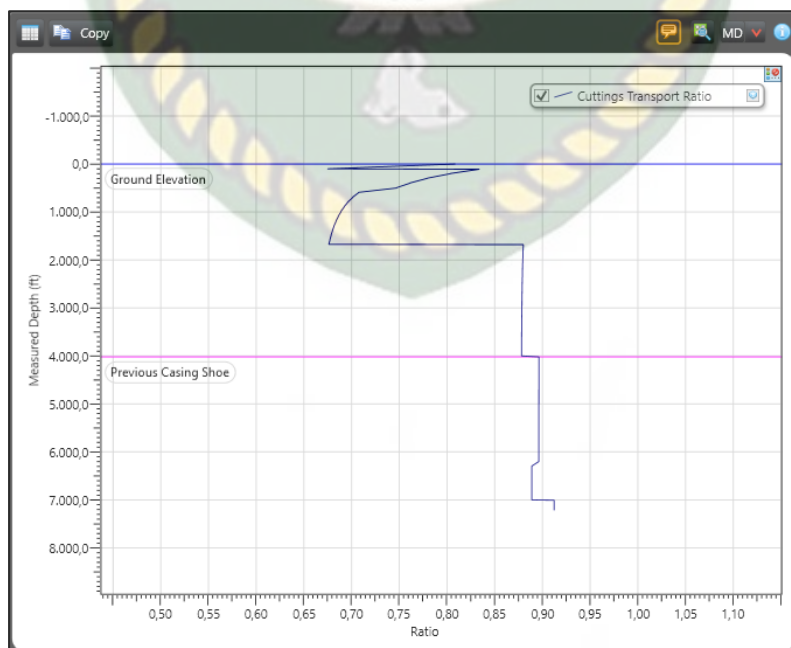
Gambar 4.11 *Cuttings Transport Ratio 1100 gpm 1400 scfm*



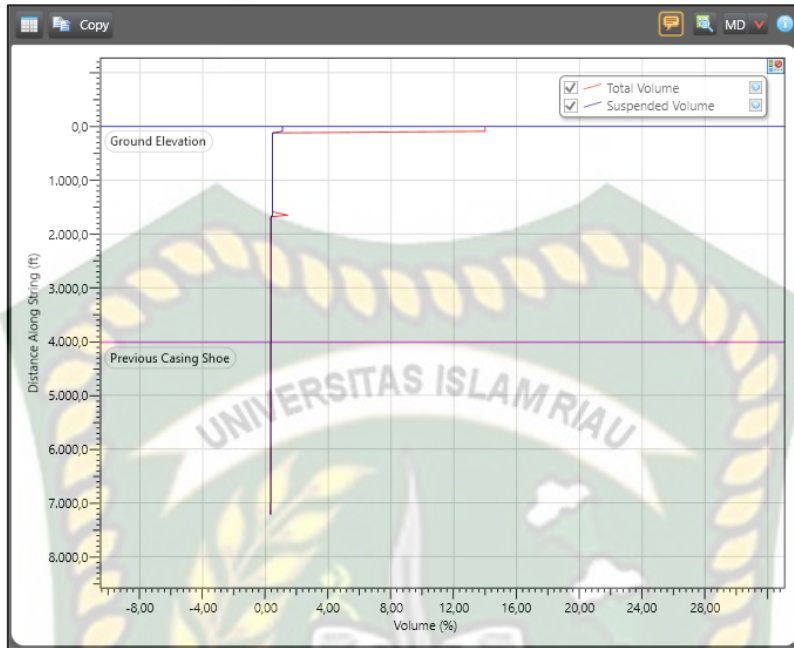
Gambar 4.12 *Cuttings Concentration 1100 gpm 1400 scfm*

Pada injeksi 1100 gpm lumpur dan 1400 scfm udara, didapatkan nilai *cuttings transport ratio* 88 % - 90 % di sepanjang *openhole*, sementara *cuttings concentration* 0,35 %.

5. Injeksi 1200 gpm lumpur 1485 udara



Gambar 4.13 *Cuttings Transport Ratio 1200 gpm 1485 scfm*



Gambar 4.14 *Cuttings Concentration 1200 gpm 1485 scfm*

Pada injeksi 1200 gpm lumpur dan 1485 scfm udara, didapatkan nilai *cuttings transport ratio* 89 % - 91 % di sepanjang *openhole*, sementara *cuttings concentration* 0,32 %.

4.4 Pemilihan Alternatif Injeksi Optimum

Pemilihan alternatif injeksi yang paling optimum didasarkan pada perolehan nilai *cuttings transport ratio* dan *cuttings concentration*. Semakin tinggi nilai *cuttings transport ratio* menandakan bahwa *cutting* terangkat ke permukaan dengan optimal atau tidak ada akumulasi *cutting* yang berlebih di sekitar lubang bor dan *string* yang dapat menyebabkan pipa terjepit atau *stuck pipe*. Sementara *cuttings concentration* menandakan jumlah volume *cutting* yang berada di lubang sumur, berbanding terbalik dengan *cuttings transport ratio*, semakin rendah nilai *cuttings concentration* maka hasilnya semakin bagus. Berikut merupakan perolehan nilai *cuttings transport ratio* dan *cuttings concentration* pada setiap alternatif injeksi.

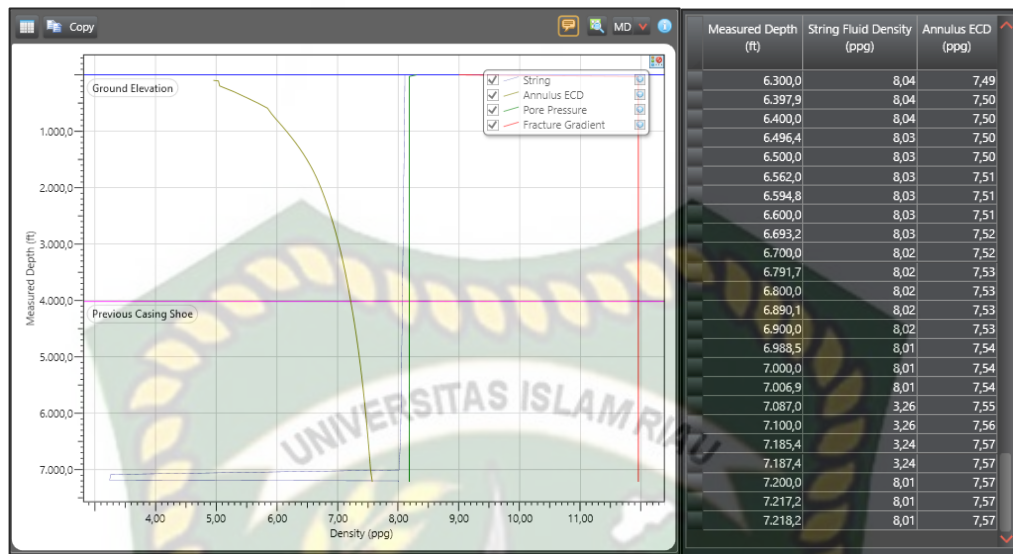
Tabel 4.2 Perolehan nilai *cuttings transport ratio* dan *cuttings concentration*

Alternatif	Liquid Rate (gpm)	Gas Rate (scfm)	Cuttings Transport Ratio %	Cuttings Concentration %
1	800	1050	83 - 87	1,14
2	900	1160	85 - 88	0,47
3	1000	1280	87 - 90	0,39
4	1100	1400	88 - 90	0,35
5	1200	1485	89 - 91	0,32

Berdasarkan dari tabel perolehan diatas maka alternatif injeksi lumpur dan udara yang paling optimum untuk diterapkan pada sumur WP 16 adalah alternatif 5 karena memiliki nilai *cuttings transport ratio* paling tinggi yaitu 89 % – 91 % di sepanjang *open hole* dan memiliki nilai *cuttings concentration* yang paling rendah yaitu 0,32 %.

4.5 Underbalanced Drilling Mixture Density

Salah satu tujuan dari metode *underbalanced drilling* adalah untuk mendapatkan tekanan hidrostatik yang lebih rendah dari tekanan formasi untuk mencegah terjadinya *loss circulation*, injeksi udara terbukti menjadi salah satu cara yang dapat digunakan untuk menurunkan densitas lumpur. Pada aplikasinya laju penginjeksian udara harus bisa menghasilkan densitas campuran yang optimal sehingga tekanan hidrostatik yang didapatkan sesuai dengan *target pressure* yang ingin dicapai. Sumur WP 16 memiliki tekanan reservoir sebesar 2753,91 psi dengan *target pressure* 2550 psi atau berbeda 203,91 psi.



Gambar 4.15 UB Density Mixture

Gambar 4.15 merupakan nilai densitas campuran yang didapatkan setelah melakukan simulasi menginjeksikan lumpur sebanyak 1200 gpm dan udara 1485 scfm (alternatif optimum). Densitas campuran yang didapat adalah 7,57 ppg. Ini merupakan densitas campuran yang akan menghasilkan tekanan yang sesuai dengan target pressure sebesar 2550 psi, hal ini dapat dibuktikan dengan persamaan perhitungan tekanan hidrostatik lumpur pemboran berikut ini:

$$\begin{aligned}
 P_h &= 0,052 \times \rho_M \text{ mixture} \times \text{TVD} \\
 &= 0,052 \times 7,57 \times 6479,8 \\
 &= 2550,7 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Dimana.

P_h = Tekanan hidrostatik

$\rho_M \text{ mixture}$ = Densitas lumpur campuran

TVD = *True Vertical Depth*

4.6 UB Minimum Oxygen for Combustion

Penggunaan udara dalam aplikasi injeksi aerasi dalam metode *underbalanced drilling* akan meningkatkan resiko terjadinya ledakan dan kebakaran, ini terjadi karena udara di *atmosfer* pada dasarnya merupakan campuran dari beberapa gas, salah satunya adalah oksigen sebanyak 21 %. Sementara apabila bereaksi dengan gas metana maka hanya dibutuhkan sekitar 12 % untuk bisa

menyebabkan reaksi pembakaran (*eksoterm*) dengan syarat adanya sumber panas. Berikut merupakan reaksi yang terjadi.

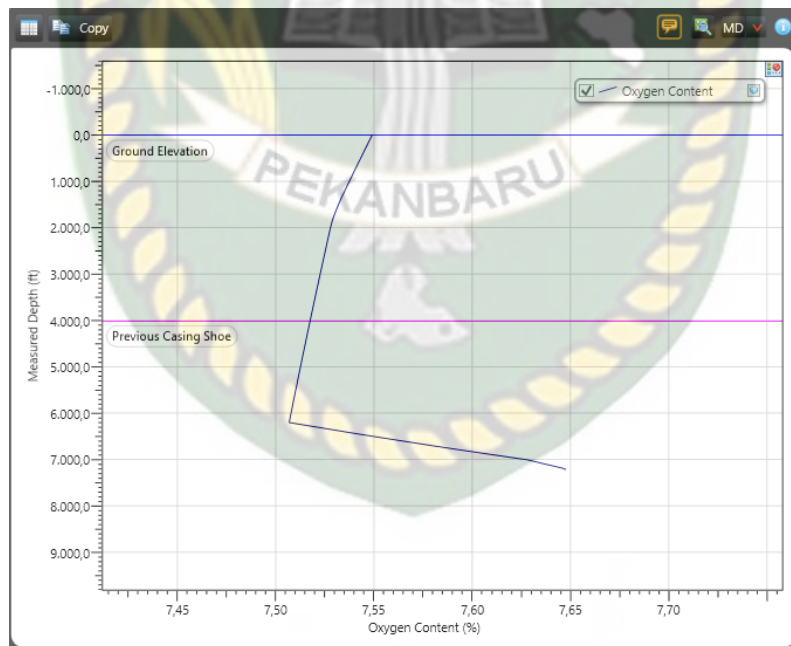
Ketika oxidizing agent (oksigen) berlebih:



Ketika Fuel (metana) berlebih:



Pada sumur *geothermal* salah satu gas yang terkandung adalah gas metana, sementara sumber panas berasal dari reservoir yang pada dasarnya memiliki temperatur tinggi. Untuk itu dilakukan simulasi terlebih dahulu untuk mengetahui berapa kandungan oksigen yang terdapat pada lubang sumur pada saat operasi *underbalanced drilling* berlangsung untuk menghindari potensi terjadinya ledakan dan kebakaran. Kandungan oksigen dalam operasi pengeboran sumur WP 16 bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.16 UB Minimum Oxygen for Combustion

Sumur WP 16 diketahui memiliki kandungan oksigen sebesar 7,65 % pada saat dilakukan pengeboran *underbalanced*, nilai ini mengindikasikan bahwa pengeboran bisa dilakukan dengan aman dan terhindar dari kemungkinan terjadinya ledakan dan kebakaran, hal ini karena kandungan minimal oksigen yang bisa

menyebabkan terjadinya ledakan dan kebakaran adalah sebesar 12% (Malloy et al., 2007) sementara pada sumur WP 16 hanya 7,65%.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Dari *underbalanced drilling operating envelope* diperoleh 5 alternatif injeksi lumpur dan udara berdasarkan *target pressure* dan tekanan reservoir yang telah diketahui yaitu 800 gpm lumpur 1050 scfm udara, 900 gpm lumpur 1160 scfm udara, 1000 gpm lumpur 1280 udara, 1100 gpm lumpur 1400 scfm udara dan 1200 gpm lumpur 1485 scfm udara.
2. Setiap alternatif injeksi mempunyai nilai *cuttings transport ratio* dan *cuttings concentration* yang berbeda, dimana alternatif 5 menjadi alternatif yang paling optimum dengan nilai *cuttings transport ratio* yang paling tinggi sebesar 89 % - 91 % di sepanjang *open hole* dan nilai *cuttings concentration* terendah sebesar 0,32 %.
3. Densitas campuran yang didapatkan setelah menginjeksikan 1200 gpm lumpur dan 1485 scfm udara adalah 7,75 ppg.
4. Sumur WP 16 memiliki kandungan oksigen sebesar 7,65 % pada saat dilakukan pemboran *underbalanced*, nilai ini mengindikasikan bahwa pengeboran bisa dilakukan dengan aman dan terhindar dari kemungkinan terjadinya ledakan dan kebakaran, hal ini karena kandungan minimal oksigen yang bisa menyebabkan terjadinya ledakan dan kebakaran adalah sebesar 12% sementara pada sumur WP 16 hanya 7,65%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah untuk menguji pengaruh dari penggunaan fluida yang lain seperti gas dan foam dalam operasi *underbalanced drilling* terhadap efektivitas *cuttings transport ratio* dan faktor keselamatannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhshik, S., & Rajabi, M. (2018). *CFD-DEM modeling of cuttings transport in underbalanced drilling considering aerated mud effects and downhole conditions*. Journal of Petroleum Science and Engineering
- Chepkech Schemwotei, S. (2011). *Geothermal drilling fluids*.
- Dwinanto, A., & Rachmat, S. (2015). *Aerated Underbalance Drilling Screening Assessment at "X" Geothermal Field*. KnE Energy.
- F.K, N., J.G, G., & J.N, K. (2014). *Contribution of Underbalanced Drilling To Production Capacity at Olkaria Geothermal Steamfield in Kenya*. IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics.
- Fadhillah, M. Z., & Kasmungin, S. (2018). *Evaluasi Pemboran Aerasi Pada Sumur Panas Bumi Dengan Pendekatan Jendela Rasio Gas dan Cairan*.
- Gul, S., Kuru, E., & Parlaktuna, M. (2017). *Experimental investigation of cuttings transport in horizontal wells using aerated drilling fluids*. Society of Petroleum Engineers - SPE Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference 2017.
- Hashmat, M. D., Sultan, A. S., Rahman, S., Shakil Hussain, S. M., & Ali, S. A. (2017). *Flowing gels for loss circulation prevention*. Society of Petroleum Engineers - SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition 2017.
- Hohl, C., Grimmer, H., Schmidt, J., & Hughes, B. (2015). *High-Temperature Directional Drilling Positive Displacement Motor*. 2015.
- Hole, H. (2010). *Drilling Fluids For Drilling Of Geothermal Wells*. World Geothermal Congress 2010.
- Jozaei, A. F., Hajidavalloo, E., Azimi, A., & Shekari, Y. (2019). *Investigation of significant factors of well temperature for gas- liquid two-phase flow in the under-balanced drilling operation*.
- Khezrian, M., Hajidavalloo, E., & Shekari, Y. (2015). *Modeling and simulation of under-balanced drilling operation using two-fluid model of two-phase flow*. Chemical Engineering Research and Design.

- Kipsang, C. (2015). *Cost Model for Geothermal Wells*. World Geothermal Congress 2015.
- Liew Sin Yoong, W. (2012). *Calculation of Equivalent Circulating Densities (ECDs) in Underbalance Drilling Using Landmark WELLPLAN*.
- Makuk, I. K. (2013). *Reducing Geothermal Drilling Problems To Improve Performance in Menengai*.
- Malloy, K., Medley, G., & Rick Stone, C. (2007). *Taking another look at the risk profile for air drilling in presence of hydrocarbons*. Drilling Contractor.
- Marbun, B., Aristya, R., Pinem, R. H., Ramli, B. S., & Gadi, K. B. (2013). *Evaluation of Non Productive Time of Geothermal Drilling Operations – Case Study in Indonesia*. Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California.
- Martasari, R. D., Yoga, G., & Aditya, R. (2017). *Analisis pressure window untuk pengoperasian*.
- Molina Martínez, A. I., & Flores Armenta, M. (2015). *Underbalanced Drilling: Production Results in Wells at Los Azufres Geothermal Field, Mexico*. World Geothermal Congress 2015.
- Novriansyah, A., Riswati, S. S., Bae, W., & Khalid, I. (2018). *Predicting Geothermal Reserves of Sorik-Marapi Field through Monte-Carlo Simulation Study*. Proceedings - 2018 2nd International Conference on Green Energy and Applications, ICGEA 2018.
- Nugroho, W. A., Hermawan, S., Lazuardi, B. H., & Mirza, R. (2017). *Drilling Problems mitigation in geothermal environment, case studies of stuck pipe and lost circulation*. Society of Petroleum Engineers - SPE/IATMI Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition 2017.
- Owolabi, O., Emmanuel, A., Okafor, I., Daniel, N., Igbine, A., & Gloria, M. (2020). *The evaluation of coconut fibre as a loss circulation material in drilling operation*. Society of Petroleum Engineers - SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition 2020.
- Putra, I. M. B. K. A. (2008). *Drilling Practice with Aerated Drilling Fluid: Indonesian and Icelandic Geothermal Fields*. Unu-Gtp.

- Råen, J. (2012). *Managing pressure during underbalanced drilling*.
- Rooki, R., & Rakhshkhorshid, M. (2017). *Cuttings transport modeling in underbalanced oil drilling operation using radial basis neural network*. Egyptian Journal of Petroleum.
- Rubiandini, R. (2009). *Teknik Pemboran I*. Institut Teknologi Bandung.
- Salehi, S., Hareland, G., & Nygaard, R. (2010). *Numerical simulations of wellbore stability in under-balanced-drilling wells*. Journal of Petroleum Science and Engineering.
- Sammatt, E., O'Shea, S., Innes, G., Kemenyfy, J., & Piscevic, D. (2012). *Successful controlled pressure drilling application in a geothermal field*. Society of Petroleum Engineers - SPE/IADC Managed Pressure Drilling and Underbalanced Operations Conference and Exhibition 2012.
- Saxena A., Ojha K., and P. A. K. (2014). *Underbalanced Drilling and Its Advancements*. Journal of Petroleum Engineering & Technology.
- Sukhoboka, O. (2017). *Drilling fluid rheology under high pressure high temperature conditions and its impact on the rate of penetration*. Society of Petroleum Engineers - SPE Bergen One Day Seminar 2017.
- Teodoriu, C., & Cheuffa, C. (2011). *A comprehensive review of past and present drilling methods with application to deep geothermal environment*. Thirty-Sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering.
- Toni, A., Pratama, R. A., Prasetyo, I. M., & Saputra, M. B. (2016). *The deepest geothermal well in Indonesia: A success story of aerated drilling utilization*. Transactions - Geothermal Resources Council.
- Wahkyudin, A., Deni, S., & Marzuan, D. O. (2017). *Aerated Drilling Cutting Transport Analysis in Geothermal Well*. Iopscience.Iop.Org, (February 2018).
- Wysocki, S., Gaczoł, M., & Wysocka, M. (2016). *New mud for UnderBalanced Drilling*. AGH Drilling.
- Zhang, D., Jia, J., Huang, Y., Weng, W., & Zhu, W. (2014). *Study on well control technology of high temperature geothermal drilling*. Procedia Engineering.