

**ANALISIS DESAIN DAN KEEKONOMIAN
PENANGGULANGAN *FLOWING PROBLEM* PADA
PEKERJAAN *KILLING WELL* METODE *BULLHEAD* PADA
SUMUR P DI PT. X**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

PUTRI NUR HIDAYAH

NPM : 193210773



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

2024

**ANALISIS DESAIN DAN KEEKONOMIAN
PENANGGULANGAN *FLOWING PROBLEM* PADA
PEKERJAAN *KILLING WELL* METODE *BULLHEAD* PADA
SUMUR P DI PT. X**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

PUTRI NUR HIDAYAH

NPM : 193210773



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Putri Nur Hidayah

NPM : 193210773

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Skripsi : Analisis Desain dan Keekonomian Penanggulangan
Flowing Problem Pada Pekerjaan *Killing Well* Metode
Bullhead Pada Sumur P di PT. X

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. M. Ariyon, S.T., M.T (.....)

Penguji : Dr. Ira Herawati S.T.,M.T (.....)

Penguji : Ayyi Husbani, S.T., M.T (.....)

Ditetapkan : Pekanbaru

Tanggal : 31 Juli 2024

Disahkan Oleh:

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**

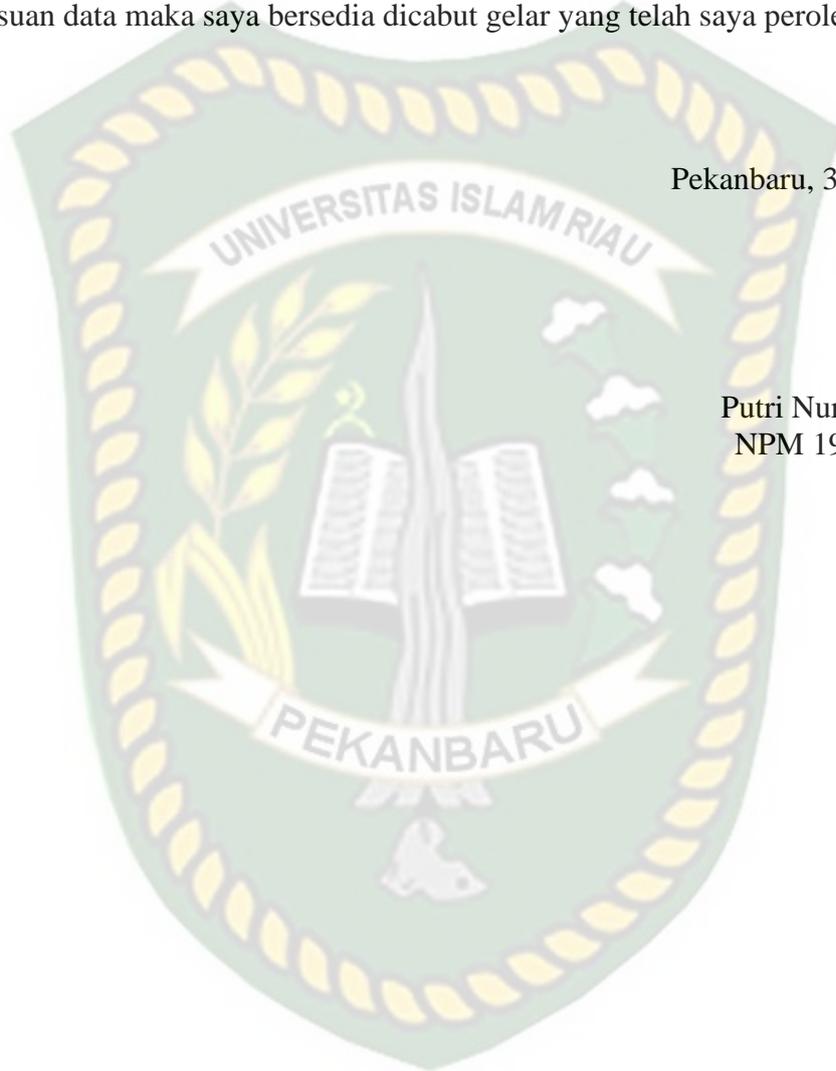
Ir. NOVIA RITA, S.T., M.T

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua benar yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh .

Pekanbaru, 31 Juli 2024

Putri Nur Hidayah
NPM 193210773



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT karena ridhonya saya bisa menyelesaikan penyusunan skripsi ini hingga akhir. Skripsi ini diajukan guna memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Skripsi di Program Studi Teknik Universitas Islam Riau. Dalam proses penyusunan skripsi ini, dibutuhkannya usaha yang keras untuk menyelesaikannya dan melibatkan berbagai kerjasama dan bantuan dari banyak pihak baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Oleh karena itu, saya sampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. M. Ariyon, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan fikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan skripsi yang saya kerjakan.
2. Ibu Dr. Ira Herawati S.T.,M.T dan Ibu Ayyi Husbani S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu, untuk memberikan masukan serta kritikan dalam skripsi yang saya kerjakan.
3. Bapak M. Khairul Afdhol, S.T., M.T selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, dan masukan selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
4. Bapak Riza Syahputra, S.T., M.T dan Bapak Iwan Adi Permana, S.T selaku pembimbing lapangan yang telah membimbing saya dan memberi masukan dalam menyelesaikan skripsi saya.
5. Ketua dan sekretaris Prodi Teknik Perminyakan serta dosen-dosen yang membantu terkait perkuliahan dan ilmu pengetahuan.
6. Bapak Muhammad Huri dan Ibu Erlina, orang tua saya tercinta yang sangat berjasa dalam hidup penulis. Terima kasih atas doa, cinta, kepercayaan dan segala bentuk yang telah diberikan, sehingga penulis merasa terdukung di segala pilihan dan Keputusan yang diambil oleh penulis, serta tanpa lelah mendengar keluh kesah penulis hingga dititik ini. Semoga Allah SWT memberikan keberkahan di dunia serta tempat terbaik diakhirat kelak, karena telah menjadi orang tua terbaik bagi penulis.

7. Kepada adik ku tersayang Lufi Nur Fadilah, Taufik Imam Satriawan, Muhammad Nur Islam dan Aisyah Nur Afifa yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga terselesaikannya skripsi ini.
8. Kepada Muhammad Ade Sanjaya yang telah memberikan semangat, doa serta dukungannya kepada penulis.
9. Kepada seluruh keluarga besar saya khususnya yang berada dipekanbaru terima kasih atas segala bantuan dari awal perkuliahan hingga akhir.
10. Teman-teman seperjuangan Aamiin yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
11. Dan untuk semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan secara langsung dan tidak langsung sejak awal masa perkuliahan hingga terselesaikannya skripsi ini. Teriting doa saya, semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan serta membalas kebaikan semua pihak yang sudah membantu saya. Semoga skripsi ini memberi manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 31 Juli 2024

Penulis

Putri Nur Hidayah
NPM 193210773

**ANALISIS DESAIN DAN KEEKONOMIAN
PENANGGULANGAN *FLOWING PROBLEM* PADA
PEKERJAAN *KILLING WELL* METODE *BULLHEAD* PADA
SUMUR P DI PT. X**

**PUTRI NUR HIDAYAH
193210773**

ABSTRAK

Sumur P adalah sumur reparasi yang terletak pada PT. X lapangan A. Sumur P akan dilakukan pekerjaan *well service* berupa *recondition pump*, namun sumur tersebut mengalami *flowing problem* dimana ketika sumur injeksi dimatikan tetapi sumur P tetap *flowing*. Perlu dianalisis desain *kill fluid* dalam pekerjaan *killing well* dan menganalisis keekonomian berupa biaya penggunaan alat dan bahan agar sumur tersebut berhasil di *killing*. Dikarenakan rangkaian yang terdapat didalam sumur adalah rangkaian *ESP* maka metode yang akan digunakan dalam mengatasi *flowing problem* pada pekerjaan *killing well* adalah metode *bullhead*. Pekerjaan *killing well* pada sumur P menggunakan 2 jenis NaCl, yaitu NaCl jenis A dan NaCl jenis B. Pada pekerjaan *killing well* menggunakan NaCl jenis A, sumur tersebut masih dalam keadaan *flowing* dimana jumlah total *sack* NaCl yang digunakan sebesar 258 *sack*, air formasi yang digunakan sebesar 313 *bfw*, dan *kill mud weight* sebesar 9,8 *ppg*. Sedangkan pekerjaan *killing well* menggunakan NaCl jenis B, NaCl yang digunakan sebanyak 182 *sack*, air formasi yang digunakan sebesar 173 *bfw*, dan *kill mud weight* sebesar 9,8 *ppg*. Kandungan NaCl pada NaCl jenis B lebih besar yaitu 98.26% dibandingkan NaCl jenis A yang memiliki kandungan NaCl sebesar 93.01%, hal ini yang membuat pekerjaan *killing well* menggunakan NaCl jenis B berhasil. Selain itu, biaya yang digunakan pada sumur P yang masih *flowing* menggunakan NaCl jenis A memiliki total *cost* sebesar Rp.494.632.083 sedangkan pada sumur P yang berhasil menggunakan NaCl jenis B memiliki total *cost* sebesar Rp.187.983.104.

Kata kunci : *Flowing Problem, Kill Fluid, Killing Well, Bullhead, Cost*

**DESIGN AND ECONOMIC ANALYSIS OF FLOWING
PROBLEM OVERCOMING IN BULLHEAD METHOD KILLING
WELL WORK ON P WELLS AT PT. X**

**PUTRI NUR HIDAYAH
193210773**

ABSTRACT

Well P is a repair well located at PT. X field A. Well P will be subjected to well service work in the form of a recondition pump, but the well experiences a flowing problem where when the injection well is turned off but well P continues to flow. It is necessary to analyze the kill fluid design in the killing well work and analyze the economics in the form of the cost of using tools and materials so that the well is successfully killed. Because the circuit in the well is an ESP circuit, the method that will be used to overcome the flowing problem in the killing well work is the bullhead method. The killing well work on well P uses 2 types of NaCl, namely NaCl type A and NaCl type B. In the killing well work using NaCl type A, the well is still in a flowing state where the total number of NaCl sacks used is 258 sacks, the formation water used is 313 bfw, and the kill mud weight is 9.8 ppg. While the killing well work uses NaCl type B, the NaCl used is 182 sacks, the formation water used is 173 bfw, and the kill mud weight is 9.8 ppg. The NaCl content in NaCl type B is greater, namely 98.26% compared to NaCl type A which has a NaCl content of 93.01%, this is what makes the killing well work using NaCl type B successful. In addition, the costs used in well P which is still flowing using NaCl type A have a total cost of Rp. 494,632,083 while in well P which successfully uses NaCl type B has a total cost of Rp. 187,983,104.

Kata kunci : *Flowing Problem, Kill Fluid, Killing Well, Bullhead, Cost*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Flowing Problem</i>	3
2.2 <i>Injection Well</i>	4
2.3 <i>Kill Fluid</i>	4
2.4 <i>Killing Well</i>	5
2.5 Metode <i>Bullhead</i>	6
2.6 <i>Safety Factor dan Safety Reason</i>	7
2.7 Keekonomian.....	8
2.8 <i>State Of The Art</i>	8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12

3.1 Metode Penelitian	12
3.2 Data Yang Diperlukan	13
3.3 Tempat Penelitian	13
3.4 <i>Flow Chart</i> Alur Penelitian	14
3.5 <i>Gantt Chart</i> Jadwal Penelitian	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Profil Sumur P dan N.....	16
4.1.1 Profil sumur P.....	16
4.1.2 Profil Sumur N.....	18
4.2 Perhitungan Desain <i>Kill Fluid</i>	20
4.2.1 Desain <i>Kill Fluid</i> Menggunakan NaCl Jenis A Pada Sumur P	20
4.2.2 Desain <i>Kill Fluid</i> Menggunakan NaCl Jenis B Pada Sumur N	26
4.2.3 Desain <i>Kill Fluid</i> Menggunakan NaCl Jenis B Pada Sumur P	29
4.3 Analisis Pekerjaan <i>Killing Well</i>	32
4.4 Keekonomian Pekerjaan <i>Killing Well</i>	33
4.4.1 Keekonomian Sumur P Menggunakan NaCl jenis A.....	33
4.4.2 Keekonomian Sumur N Menggunakan NaCl Jenis B	34
4.4.3 Keekonomian Sumur P Menggunakan NaCl Jenis B	35
4.5 Analisis Keekonomian Pekerjaan <i>Killing Well</i>	36
BAB V PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	13
Tabel 4. 1 Profil Sumur P	17
Tabel 4. 2 Profil Sumur N.....	19
Tabel 4. 3 <i>Casing Data Sheet</i>	22
Tabel 4. 4 <i>Kill Fluid</i>	24
Tabel 4. 5 <i>Estimate dan Actual Rig</i> Sumur P yang tidak berhasil	33
Tabel 4. 6 <i>NaCl Cost</i>	34
Tabel 4. 7 <i>Estimate dan Actual Rig</i> pada Sumur N yang berhasil	34
Tabel 4. 8 <i>NaCl Cost</i>	35
Tabel 4. 9 <i>Estimate dan Actual Rig</i> pada Sumur P yang berhasil.....	35
Tabel 4. 10 <i>NaCl Cost</i>	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alur Penelitian	14
Gambar 4. 1 Sumur P	16
Gambar 4. 2 Top Perforasi Sumur P	17
Gambar 4. 3 Sumur N dan Top Perforasi	18
Gambar 4. 4 Top Perforasi Sumur N	19



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Data jenis NaCl	43
Lampiran II Dokumentasi Wawancara	43
Lampiran III Dokumentasi di Lapangan.....	44



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN

Bbl	<i>Barrel</i>
Bbl/ft	<i>Barrel/foot</i>
Bbls	<i>Barrels</i>
BFZ	<i>Bottomhole Formation Zone</i>
CaCl ₂	<i>Calcium Chloride</i>
EOR	<i>Enhanced Oil Recovery</i>
ESP	<i>Electrical Submersible Pump</i>
EUE	<i>External-Upset-End</i>
Ft	<i>Feet</i>
ID	<i>Inside Diameter</i>
Kg/m ³	<i>Kilogram/meter cubic</i>
Lb/ft ³	<i>Pound/feet cubic</i>
Lb/gal	<i>Pound/gallon</i>
Lbs/sk	<i>Pounds/sack</i>
NaCl	<i>Natrium Chloride</i>
OD	<i>Outside Diameter</i>
Ppg	<i>Pound per gallon</i>
Psi	<i>Pound square inch</i>
Psi/ft	<i>Pound square inch/foot</i>
SF	<i>Safety Factor</i>
SG	<i>Specific Gravity</i>
SICP	<i>Shut In Casing Pressure</i>
SIDPP	<i>Shut In Drill Pipe Pressure</i>
SITP	<i>Shut In Tubing Pressure</i>
SKS	<i>Sacks</i>
SSV	<i>Surface Safety Valve</i>
TVD	<i>True Vertical Depth</i>

DAFTAR SIMBOL

V	Kecepatan
T	Waktu



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumur P PT. X di pengaruhi oleh sumur injeksi (*injection well*) disekitar yang mendukung sumur tersebut dikarenakan tekanan pada dasar sumur tidak mampu lagi mendorong minyak naik ke atas permukaan atau sudah tidak adanya *natural flow* (Prastio & Agusman, 2020). Ketika suatu sumur tidak dapat lagi memproduksi minyak secara alami, maka di butuhkan metode pengangkatan buatan (*artificial lift*) (Hermadi, 2013). Pada sumur ini *artificial lift* yang di gunakan dalam meningkatkan produksi minyak bumi ke permukaan yaitu *Electrical Submersible Pump (ESP)*, dimana penggunaan perencanaan *ESP* yang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi produktivitas sumur dan sifat fluida yang dipengaruhi oleh keadaan reservoir yaitu tekanan reservoir, *gas oil ratio* dan *water cut* (Ariyon, 2014 & Maulana et al., 2015).

Sumur P akan dilakukan pekerjaan *well service* berupa *recondition pump*. Namun, sumur P tidak bisa dilakukan pekerjaan *well service* karena sumur tersebut mengalami *flowing problem* dimana ketika sumur injeksi dimatikan tetapi sumur P tetap *flowing* sehingga harus dilakukannya pekerjaan *killing well*. *Killing well* merupakan proses memompakan fluida berat ke dalam sumur untuk mencegah aliran fluida reservoir masuk ke dalam sumur. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam memompakan *kill fluid* seperti *driller's method*, *wait and weight method*, *concurrent method*, dan *bullhead method*. Karena didalam sumur terdapat rangkaian ESP maka metode yang dapat digunakan dalam melakukan *killing well* yaitu dengan metode *bullhead* dengan memompakan *completion fluid bar* ke formasi guna menahan tekanan formasi (Ananda & Suranta, 2021). Sumur P merupakan sumur reparasi di PT. X lapangan A. Reparasi merupakan suatu program kegiatan perbaikan sumur migas dengan menambahkan atau membuka zona baru pada salah satu sumur yang bertujuan untuk mempertahankan atau meningkatkan produksi sehingga dapat tercapai target produksi dan meningkatkan *recovery factor*. (Mandala, 2018).

Agar pekerjaan tersebut dapat dilaksanakan, maka sumur P harus dilakukan pekerjaan *killing well* terlebih dahulu supaya *flowing problem* dapat teratasi. Pada pekerjaan *killing well* sebelumnya menggunakan desain *kill fluid* dengan NaCl jenis A namun sumur tersebut masih *flowing*. Oleh karena itu, peneliti melakukan analisis desain *kill fluid* pada sumur yang masih *flowing* menggunakan NaCl jenis B berdasarkan sumur N yang berhasil di *killing* dengan menggunakan NaCl jenis B. Serta melakukan analisis keekonomian yaitu biaya berupa alat dan bahan yang digunakan saat melakukan pekerjaan *killing well* tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan deskripsi latar belakang di atas tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis desain *kill fluid* menggunakan NaCl jenis A dan NaCl jenis B untuk melakukan pekerjaan *killing well* dalam mengatasi *flowing problem* pada sumur P menggunakan metode *bullhead*.
2. Menganalisis keekonomian berupa biaya penggunaan alat dan bahan untuk mengatasi *flowing problem* dalam melakukan pekerjaan *killing well* pada sumur P menggunakan metode *bullhead*.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan skenario yang efektif untuk penanggulangan *flowing problem* dengan menggunakan metode *bullhead*.
2. Untuk pengkayaan materi mata kuliah di teknik perminyakan.

1.4 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari tujuan penelitian yang dilakukan, maka peneliti menetapkan beberapa batasan masalah yang mencakup :

1. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis desain *kill fluid* pada sumur P dengan menggunakan metode *bullhead*.
2. Penelitian ini hanya menghitung keekonomian berupa biaya perencanaan penggunaan alat dan bahan pada pekerjaan *killing well*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Al-Qur'an merupakan pedoman serta dasar hukum umat Islam, secara langsung menjadi pedoman dan aturan dalam menjalankan urusan kehidupan di dunia. Allah SWT yang maha mengetahui mencatat segala sesuatu yang kamu kerjakan di dunia. Di dalam Al-Qur'an surah Al-jathiyah ayat 29 yang berbunyi "Inilah kitab (catatan) kami yang menuturkan terhadap mu dengan benar, sesungguhnya kami telah menyuruh mencatat apa yang telah kamu kerjakan". Makna dari ayat tersebut adalah ini merupakan buku catatan para malaikat kami yang telah menuliskan segala amal perbuatan kalian tanpa tambahan dan pengurangan. Sesungguhnya kami memerintahkan para malaikat penjaga untuk mencatat segalanya.

2.1 *Flowing Problem*

Sumur P dipengaruhi oleh *injection well* yang mendukung sumur tersebut, tetapi saat *injection well* dimatikan sumur tersebut tetap *flowing* atau disebut juga dengan *flowing problem*. Pada *natural flow* fluida akan terangkat ke permukaan tanpa adanya bantuan karena tekanan reservoir masih besar sehingga dapat mengalirkan fluida ke permukaan (Trimadona & Hendra Budiman, 2023). Sedangkan pada *flowing problem* sumur memiliki tekanan akuifer, akuifer adalah formasi geologi pembawa fluida yang memaksa fluida berada diatas permukaan tanah sehingga sumur tersebut akan tetap mengalir meski tidak adanya pompa. (Bureau et al., 2005)

Flowing problem terjadi ketika sebuah sumur telah dimatikan (*shut-in*) namun masih terdapat fluida yang keluar dari reservoir ke permukaan melalui sumur. Terdapat beberapa penyebab terjadinya *flowing problem* seperti tekanan reservoir yang masih tinggi sehingga menyebabkan fluida terus mengalir meskipun sumur telah ditutup, kebocoran pada peralatan (*casing, tubing, atau packer*) yang memungkinkan fluida mengalir keluar, ataupun formasi geologi di sekitar sumur yang mungkin memiliki karakteristik tertentu yang memungkinkan fluida untuk terus mengalir.

2.2 Injection Well

Banyak metode yang bisa dilakukan agar tekanan reservoir meningkat, salah satunya dengan menginjeksikan air untuk *pressure maintenance* ataupun *water flooding* (Hamdi,2015). *Water flooding EOR* terbagi menjadi beberapa bagian permodelan salah satunya *Injection well* yang menggunakan metode *fanning* agar mendapatkan *pressure drop* sepanjang pipa yang dialiri fluida satu fasa. Dimana *water flooding EOR* ini merupakan penggunaan air yang diinjeksikan melalui *injection well* dimana hal ini merupakan sumur yang digunakan untuk menginjeksikan fluida tertentu kedalam formasi dan memiliki aliran fluida dari atas ke bawah untuk meningkatkan tekanan pada reservoir agar dapat mendorong minyak ke permukaan untuk mengalir ke sumur produksi (Pamungkas, 2018). *Water flooding* merupakan *secondary recovery* yang dapat dilakukan agar zona minyak menjadi target utama pada saat diinjeksikan, hal tersebut bertujuan untuk mendorong minyak di reservoir yang terperangkap naik ke permukaan sehingga dapat diproduksi kembali (Puspitasari,2022).

2.3 Kill Fluid

Kill fluid berfungsi untuk melakukan pekerjaan *killing well*, umumnya digunakan dalam lubang sumur dilapangan operasi lubang sumur yang disimulasikan sebagai cairan garam dengan peningkatan kepadatan dan viskositas yang sesuai dibandingkan air murni. Dimana viskositas dan massa jenisnya merupakan fungsi suhu dan tekanan serta semua fluida diasumsikan *newtonian*. Agar cara ini berhasil, *kill fluid* harus menumpuk di *annulus* sehingga menciptakan tekanan yang cukup tinggi untuk mengatasi aliran gas yang keluar dari slot *SSV* yang terbuka atau diperlukannya kombinasi tekanan dan hambatan aliran (*dynamic kill*) untuk mengatasi tekanan gas. *Kill fluid* harus terakumulasi dengan signifikan di *annulus* guna menghindari tertahannya gas yang mengalir ke atas. (Pan, L., 2018)(Nasution & Soesanto, 2022).

Proses *killing well* dengan menggunakan NaCl melibatkan injeksi larutan garam ke dalam sumur untuk menggantikan fluida hidrokarbon yang ada dan menstabilkan tekanan formasi. Samuel & Miska (2015) menjelaskan, NaCl digunakan sebagai bagian dari strategi untuk mengontrol tekanan sumur secara

efektif, dengan meminimalkan risiko peningkatan tekanan yang tidak terkendali. NaCl umumnya dianggap sebagai bahan yang relatif aman dan ramah lingkungan dalam konteks pengendalian sumur dibandingkan dengan alternatif kimia yang lebih agresif. Menurut Chilingar et al. (2011), penggunaan NaCl dalam *killing well* berkontribusi pada pengelolaan yang lebih aman dan efisien dari sisi lingkungan, dengan mengurangi risiko dampak negatif terhadap ekosistem sekitar.

Apabila *killing well* dilakukan hanya dengan menggunakan fluida berbasis air, hal ini belum tentu cukup untuk menghentikan fluida yang mengalir ke permukaan. Sedangkan, jika *killing well* dilakukan dengan menggunakan larutan NaCl dan tambahan kimia lain, bisa saja menyebabkan *formation damage* dan terjadi penambahan biaya dalam pekerjaannya. Penggunaan NaCl dalam *killing well* adalah metode yang efektif karena fleksibilitasnya dalam menyesuaikan berat jenis larutan untuk menyeimbangkan tekanan formasi. Keuntungan utama meliputi dampak minimal terhadap formasi dan biaya yang relatif rendah. Dengan manajemen yang hati-hati dan penyesuaian yang tepat, NaCl dapat menjadi pilihan yang baik untuk strategi *killing well* dalam industri perminyakan.

2.4 Killing Well

Agar sumur dapat dilakukan *well completion* maka pekerjaan *killing well* perlu dilakukan. *Killing well* merupakan suatu tahapan teknologi yang penting sebelum dilakukannya operasi *workover* yaitu *recondition pump*, *killing well* juga merupakan bagian integral dari proses eksploitasi sumur. Oleh sebab itu, penting untuk mengoptimalkan komposisi emulsi guna melakukan pekerjaan *killing well* dengan baik, agar sumur dalam kondisi *underpressure* yang dimana tekanan hidrostatiknya lebih besar daripada tekanan formasi, maka sumur lebih aman untuk dilakukannya *well completion*. Serta untuk memulihkan karakteristik filtrasi alami *bottomhole formation zone (BFZ)*. Metode yang paling tepat dalam memulihkan karakteristik filtrasi (*BFZ*) adalah dengan bahan kimia yang disebut dengan *kill fluid*, umumnya *kill fluid* ini digunakan dalam lubang sumur dilapangan operasi lubang sumur yang juga mencakup pekerjaan *killing well* dan penyelesaian lubang sumur. Oleh karena itu, kebutuhan untuk melakukan pekerjaan *killing well* disebabkan oleh kemungkinan keadaan darurat akibat keluarnya cairan selama pekerjaan perbaikan serta untuk mencegah cairan formasi

masuk ke dalam lubang sumur. Dan juga pemilihan teknologi *killing well* harus tepat karena struktur kompleks volume berpori rekahan dengan sifat reservoir formasi rendah sangat dipengaruhi oleh fluida. (Mardashov et al., 2021)(Suranta et al., 2021)(S. Islamov et al., 2019)(Sugihardjo et al., 2017)(Martyushev & Kumar, 2021).

Adapun tahapan dalam melakukan *killing well* yaitu:

1. Persiapan dan perencanaan, yaitu mengumpulkan dan menganalisis data sumur termasuk tekanan reservoir, jenis fluida, dan kondisi peralatan yang digunakan.
2. Mobilisasi peralatan, yaitu menyiapkan peralatan yang diperlukan seperti pompa, tangki, dan garam yang digunakan.
3. Memantau tekanan sumur untuk memastikan stabilitas dan memahami kondisi tekanan sebelum memulai proses.
4. Merancang dan memompakan *kill fluid*. Pada tahapan ini, membuat *kill fluid* yang telah dirancang dan dihitung sesuai dengan kondisi sumur. Setelah itu, menginjeksikan *kill fluid* ke dalam sumur melalui annulus untuk menekan fluida reservoir dan menghentikan aliran.
5. Memantau dan mengontrol aliran fluida dan tekanan secara terus-menerus untuk memastikan bahwa fluida reservoir telah berhasil ditekan dan sumur dalam kondisi stabil. Serta memastikan bahwa sumur berhasil di *killing* dan sumur dalam kondisi aman.
6. Mendokumentasikan seluruh proses dan hasil *killing well* serta melaporkan hasil dan kondisi sumur kepada pihak terkait.

2.5 Metode *Bullhead*

Didalam sistem *well control* terdapat beberapa metode yang diaplikasikan tergantung dengan kondisi dan keadaan lapangan. Diantaranya terdapat metode *driller*, metode *concurrent*, metode *engineering*, metode *volumetric*, metode *bullhead*, metode *bleed* dan *lubricate*. (Ananda & Suranta, 2021). Setiap metode memiliki prosedur yang berbeda serta mempunyai kekurangan dan kelebihan, pada penelitian Sofyan et al., (2014) yang membuat aplikasi untuk membantu pemilihan metode mana yang paling sesuai untuk menanggulangi *well kick*

ataupun *flowing problem* sesuai dengan keadaan nyata di lapangan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *bullhead*, metode ini sering digunakan pada pekerjaan *killing well*. Terdapat beberapa teori dalam penggunaan metode *bullhead* seperti:

1. Larry W. Lake (2006), dalam bukunya menjelaskan bahwa metode *bullhead* melibatkan pemompaan fluida pembunuh ke dalam sumur dengan tujuan mengatasi tekanan formasi yang mendorong fluida ke permukaan. Fluida ini harus memiliki densitas yang cukup tinggi untuk menyeimbangkan atau melebihi tekanan formasi.
2. Menurut Economides et al., (2012), dalam bukunya menjelaskan bahwa *bullheading* adalah metode yang efektif dalam situasi darurat untuk menahan tekanan formasi dengan memasukkan fluida yang memiliki berat jenis lebih tinggi daripada fluida reservoir. Proses ini membantu menstabilkan sumur dan menghentikan aliran fluida.
3. Menurut Crumpton (2020), dalam bukunya menjelaskan bahwa metode *bullhead* adalah strategi *well control* yang digunakan untuk mengendalikan aliran sumur dengan memompa fluida ke dalam sumur untuk menekan fluida formasi dan menghentikan *blowout*. Proses ini sering kali dilakukan dengan menggunakan pompa bertekanan tinggi untuk mencapai efisiensi.

Cara kerja metode *bullhead* adalah dengan memompa fluida formasi kembali ke dalam formasi dengan menggunakan *kill weight fluid* (Suranta et al., 2021), tetapi pemompaan dilakukan melalui *annulus* bukan melalui *drillpipe*. Metode ini biasanya dilakukan pada beberapa kasus. Seperti *kick gas* beracun yang berbahaya bagi keselamatan apabila sampai ke permukaan, *kick* yang disebabkan oleh penurunan kolom fluida, *killing well* saat *well completion* dan *workover*, *underbalance drilling*, dan *blind drilling*, serta metode ini biasanya digunakan ketika sirkulasi normal tidak memungkinkan (Kodong et al., 2020).

2.6 Safety Factor dan Safety Reason

Safety Factor merupakan angka atau rasio yang digunakan dalam perancangan dan rekayasa untuk memastikan bahwa struktur atau komponen

memiliki kekuatan lebih dari yang diperlukan untuk menahan beban yang diharapkan. Ini memberikan margin tambahan untuk menghadapi ketidakpastian, variasi material, atau kesalahan dalam perhitungan. *Safety factor* digunakan dalam perancangan komponen sumur minyak dan gas untuk memastikan bahwa komponen tersebut dapat menahan beban dan tekanan yang lebih besar daripada yang diantisipasi selama operasi normal. Hal ini membantu mencegah kegagalan yang dapat menyebabkan insiden keselamatan (Lake, 2006).

Sedangkan *safety reason* adalah alasan atau justifikasi untuk mengambil tindakan tertentu atau menerapkan prosedur dalam rangka memastikan keselamatan pekerja, lingkungan, dan peralatan. Ini mencakup berbagai praktik dan kebijakan yang diterapkan untuk mencegah kecelakaan dan insiden berbahaya. *Safety reason* menekankan pada penerapan prosedur operasional dan protokol keselamatan yang ketat untuk melindungi pekerja dan lingkungan dari potensi bahaya yang terkait dengan operasi minyak dan gas (Bahadori, 2013).

2.7 Keekonomian

Menurut Ariyon, (2013) industri migas merupakan industri yang memiliki resiko bisnis yang sangat tinggi (high risk). Pada industri migas, kegiatan migas harus dilakukan dengan perhitungan yang tepat agar meminimalisir potensi kerugian finansial. Prinsip perekonomian adalah bagaimana mendapatkan hasil maksimal dengan pengeluaran sesedikit mungkin. Prinsip ini dijalankan perusahaan secara berkesinambungan untuk terus berkembang dan mencapai target yang diharapkan. Selain itu dapat digunakan juga sebagai informasi yang cukup objektif bagi proses pengambilan keputusan atau bahan pertimbangan terhadap kebijaksanaan untuk meningkatkan kapasitas produksi lapangan dan jumlah proyek-proyek investasi lebih lanjut, seperti penggunaan garam yang lebih ekonomis untuk digunakan dalam pekerjaan *killing well* (Tungkagi et al.,2021).

2.8 State Of The Art

Berdasarkan jurnal dari (Alabdullatif et al., 2014) Kesuksesan *kill fluid* untuk formasi Jilh yang bertekanan lebih sudah tercapai. Formasi Jilh merupakan zona yang ketat di trias tengah dolomit yang berkisar antara 8.000

hingga 10.000 kaki TVD dengan tekanan air asin abnormal yang memerlukan *kill fluid* dengan kepadatan hingga 150 lb/ft³ (pcf). Dengan melakukan pengujian pada formasi *vertical dan inclined sag* adapun hasil pada penelitian ini yaitu dalam pengujian pada formasi *vertical sag* dengan variasi kepadatan antara bagian atas dan bagian bawah adalah 5 pcf untuk formula baru (densitas 150 pcf) dan pada pengujian *inclined sag* dan variasi kepadatan antara bagian atas dan bawah bagiannya adalah 6 pcf untuk formula baru (densitas 150 pcf).

Penelitian oleh (S. R. Islamov et al., 2019) dalam algoritma kompleks untuk pengembangan *kill fluid* efektif, pada minyak dan gas direservoir kondensat. Dengan pengoptimalan komposisi reagen yang digunakan serta dilakukan studi laboratorium mengenai penggunaan reagen pada reparasi larutan emulsi *invert* untuk operasi *killing well* di reservoir, menggunakan pengemulsi larutan berair CaCl₂ dengan massa jenis 1140 kg/m³ dan volume total 25 cm³ pada konsentrasi massa pengemulsi 0,05; 0,1 dan 0,5% sehingga diperoleh hasil pada batas minyak dan pengemulsi larutan CaCl₂ paling efektif digunakan pada konsentrasi rendah 0,5% serta adapun penggunaan larutan CaCl₂ pada konsentrasi pengemulsi optimal 1%.

Pada jurnal (Ginting, n.d.) terjadinya masalah *kick* saat hendak dilakukannya pemboran vertikal lubang 8-3/8" yang menembus kedalaman 11381.79 ft pada sumur DEL-01. Indikator pertama adalah ditandai dengan *drilling break* yang disertai dengan bertambahnya volume di permukaan. Peneliti menerapkan metode *wait and weight* untuk menanggulangi permasalahan *kick*, beberapa hal yang dievaluasi dari perhitungan *well killing* menggunakan metode *wait and weight*. Permasalahan ini terjadi ketika sumur dibor dengan lumpur sebesar SG 1.79 dan berdasarkan pembacaan SIDP yang diperoleh pertama kali, *kick* dapat ditanggulangi dengan lumpur SG 2.00. Tetapi kurangnya *barite* di lapangan maka lumpur yang disirkulasikan untuk mematikan *kick* yaitu SG 1.85. Lalu pada saat dilakukannya monitoring tekanan selanjutnya, terbukti bahwa SIDPP semakin tinggi yang disebabkan oleh *secondary influx*. Faktor yang tidak dapat langsung ditanggulangi dengan satu sirkulasi karena adanya proses menjadikan *kick shut-in* sumur yang kurang lama sehingga pembacaan SICP dan SIDPP menjadi kurang akurat. Jika dibandingkan dengan data dilapangan, hasil

evaluasi ini dapat memberikan efisiensi waktu yang dapat mempengaruhi total biaya yang dibutuhkan. Apabila dilakukan penanggulangan sesuai dengan evaluasi yang ada, biaya yang dikeluarkan untuk menanggulangi permasalahan *kick* ini adalah \$ 17,414.98 dan hasil dari evaluasi ini dapat menghemat biaya sebesar \$ 91,199.

Telah dilakukan penelitian oleh (Jr & Enterprises, 2003) yaitu prosedur *new dynamic kill* untuk sumur ledakan *off-bottom* mempertimbangkan arus berlawanan dan *kill fluid*. Dengan melakukan metode perhitungan seperti evaluasi kecepatan gas kritis, evaluasi koefisien *drag*, evaluasi tegangan permukaan, evaluasi ZNLF *holdup*, adapun hasil pada penelitian ini yaitu dilakukan disumur *vertical* sedalam dengan *casing* 8 5/8" dan tubing konsentris dalam ukuran 5 1/2", 4" × 2 7/8" dan 1,9 tergantung dari kepala sumur serta penggunaan kondisi operasi fluida yang realistis (Gas alam 0,58 SG, dan lumpur 8,7 ppg) pada percobaan ini menunjukkan bahwa *Vscrit* lebih dapat diandalkan pada kondisi pengujian hal ini dan penggunaan koefisien drag 0.44 dan peningkatan *Vscrit* sebesar 20% menunjukkan hasil percobaan yang sesuai dengan data percobaan pada kecepatan normalisasi superficial gas.

Pada penelitian ini, telah dilakukan analisa keberhasilan stimulasi asam metode *bull head* adapun metode pengerjaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah *acid washing* menggunakan metode *bull head* yang selanjutnya tahapan evaluasi menggunakan data produksi, kinerja pompa, dan *logging* setelahnya adapun hasil pada penelitian ini yaitu stimulasi *acidizing* metode *bull head* cukup efisien dilakukan dengan tingkat keberhasilan lebih dari 70% dari total keseluruhan sumur yang sudah distimulasi.(Fajri, 2020)

Dalam penelitian (Ananda & Suranta, 2021) dilakukannya analisa penanggulangan *well kick* dengan metode *bull head* yaitu dengan cara memompa *completion fluid* yang baru ke dalam formasi untuk menahan tekanan formasi. Dimana terdapat beberapa tahapan metode pengerjaan pada penelitian ini yang pertama dimulai dari mengumpulkan beberapa referensi juga data-data yang terkait dengan Analisa penanggulangan *well kick* dan data langsung hasil pengamatan lapangan, adapun pada hasil penelitian ini dapat diketahui alasan terjadinya indikasi kebocoran pada *riser* setelah sumur akan di produksi

kembali dimana tekanan tinggi pada casing SICP sebesar 1400 psi sehingga sumur harus di *killing* terlebih dahulu.

Penelitian yang dilakukan oleh (Suranta et al., 2021) yaitu mengevaluasi *killing well* yang terjadi pada sumur GM - 01 menggunakan *metode bullhead*. Dengan menganalisis data *well completion* sumur GM - 01 yang akan digunakan juga dalam perhitungan *well control*, kemudian menjelaskan hasil analisis perhitungan *well control* sumur GM – 01 dengan menggunakan metode *bullhead* serta mengevaluasinya. Dari perhitungan yang didapat diketahui densitas *kill fluid* yang dipakai adalah 8.9 ppg serta volume *kill fluid* yang dipompakan saat *bullhead* agar sumur mencapai keadaan setimbang adalah 9.86 bbl, dengan lama waktu pemompaan 3 menit 57 detik. Kemudian volume fluida yang dipompakan saat proses *reverse circulation* adalah 28.5 bbl, yang didapatkan dari total volume *annulus* dan tubing dengan lama waktu pemompaan 11 menit 24 detik dan total waktu yang digunakan untuk memompa *kill fluid* sampai proses *killing* berhasil adalah 15 menit 21 detik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Adapun metodologi yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Studi literatur

Dilakukan untuk mencari pengetahuan mengenai *flowing problem*, *kill fluid*, pekerjaan *killing well*, metode *bullhead* dan *cost*.

2. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan merupakan data sumur P yang menggunakan NaCl jenis A kemudian data sumur P dan N yang menggunakan NaCl jenis B pada PT. X yang meliputi *drilling report*, data NaCl jenis A dan data NaCl jenis B.

3. Menganalisis Desain *Kill Fluid*

Melakukan analisis desain *kill fluid* pada sumur P yang menggunakan NaCl jenis A kemudian menganalisis desain *kill fluid* pada sumur P dan N yang menggunakan NaCl jenis B. Untuk melakukan pekerjaan *killing well* guna mematikan sumur sementara. Adapun rumusnya sebagai berikut :

a. Perhitungan Berat *Kill Fluid* =

$$\frac{SICP \text{ (psi)}}{0.052 \times \text{Top perfo (ft)}} + \text{Berat air (ppg)} + SF \text{ (ppg)}$$

b. Perhitungan Panjang Total Tubing =

$$(1 \text{ unit ESP} + \text{Tubing})$$

c. Perhitungan Volume Total *Annulus* =

$$\frac{ID \text{ casing}^2 - OD \text{ tubing}^2}{1029.4}$$

d. Perhitungan Volume *Casing* =

$$(\text{Volume Casing } 7''\#23 \times (\text{Top perfo} - \text{panjang tubing}))$$

e. Perhitungan *bullhead* =

$$(\text{Volume Annulus} + \text{Volume Casing})$$

f. Perhitungan *Sack NaCl* =

$$\text{Sack NaCl} = \frac{\text{NaCl} \left(\frac{100\text{lbs}}{\text{sack}} \right)}{\text{Water (bbl)}} \times \text{vol kill fluid}$$

g. Tekanan Maksimal Yang Diizinkan =

$(\text{Fracture pressure} - \text{pressure gradient kill fluid}) \times \text{top perforasi}$

h. Waktu pemompaan kill fluid

- $V_{\text{bbl/stroke}} = 0.000243 \times \text{ID}^2 \text{ Liner} \times \text{stroke length}$
- $V \text{ menit} = V_{\text{bbl/stroke}} \times \text{stroke dalam 1 menit}$
- $T = \frac{\text{volume bullhead}}{V \text{ 1 menit}}$

4. Menganalisis Keekonomian Biaya

Melakukan analisis keekonomian pekerjaan *killing well* yang menggunakan NaCl jenis A dan NaCl jenis B serta menghitung biaya penggunaan alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan pekerjaan *killing well*. Berikut adalah biaya yang akan dihitung dalam pekerjaan tersebut :

a. *Rig Cost*

Estimate dan actual rig cost

b. *NaCl Cost*

Harga 1 *sack* NaCl dan Harga total *sack* NaCl

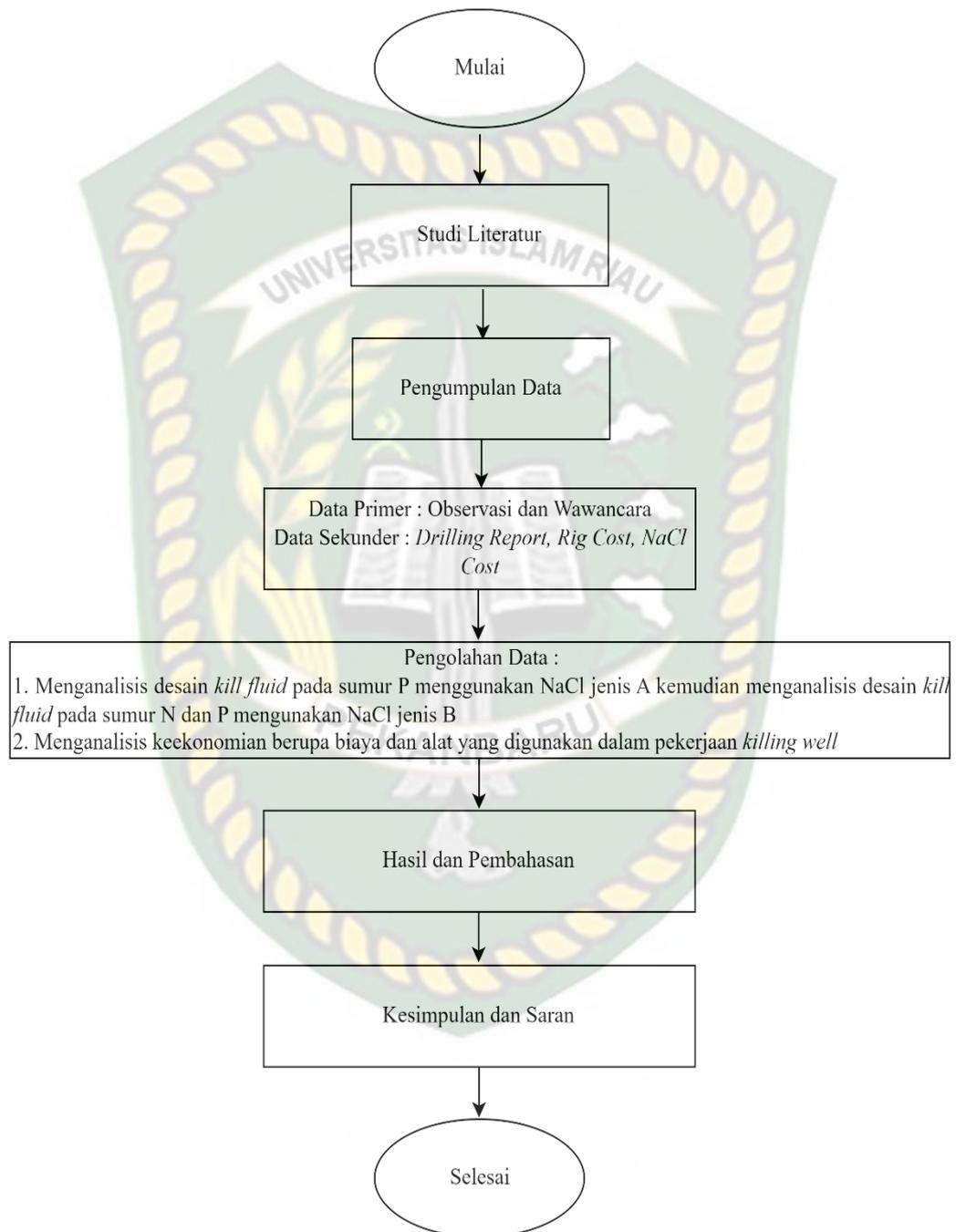
3.2 Data Yang Diperlukan

Data sumur P dan data sumur N, kemudian *drilling report* serta data NaCl jenis A dan data NaCl jenis B untuk mengetahui rincian pekerjaan *killing well* pada sumur tersebut.

3.3 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. X pada sumur P dan N lapangan A.

3.4 Flow Chart Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.5 Gantt Chart Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 8 bulan yang dilaksanakan pada bulan desember – juli tahun 2024 serta dirincikan pada tabel seperti dibawah ini :

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

No.	Jenis Kegiatan	Des 2023	Jan 2024	Feb 2024	Mar 2024	Apr 2024	Mei 2024	Jun 2024	Jul 2024
1	Studi Literatur								
2	Pembuatan Proposal Penelitian								
3	Pengumpulan Data								
4	Pengolahan Data								
5	Hasil dan Pembahasan								

Pada tabel 3.1 yaitu jadwal dari penelitian yang dilaksanakan mulai dari bulan desember sampai dengan bulan juli 2024.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

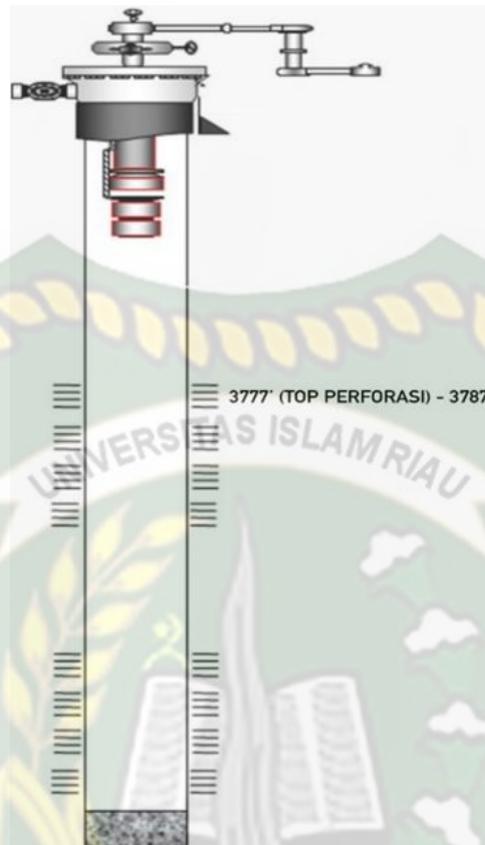
4.1 Profil Sumur P dan N

4.1.1 Profil sumur P

Penelitian ini dilakukan pada sumur P yang terletak di PT. X lapangan A. Dalam pembahasan ini peneliti akan menganalisis desain dan menghitung keekonomian penanggulangan *flowing problem* pada pekerjaan *killing well* menggunakan metode *bullhead* pada sumur P yang gagal dan sumur P yang berhasil. Adapun *profile* sumur P dapat dilihat pada gambar dan tabel dibawah ini.



Gambar 4. 1 Sumur P



Gambar 4. 2 Top Perforasi Sumur P

Terlihat pada gambar 4.1 sumur P menggunakan rangkaian pompa *ESP*. Sehingga metode yang digunakan dalam mengatasi *flowing problem* pada pekerjaan *killing well* adalah metode *bullhead*. Serta titik *top* perforasi pada sumur P dapat dilihat pada Gambar 4.2. *Top* perforasi adalah lubang pada bagian atas semen atau selubung sumur.

Tabel 4. 1 Profil Sumur P

Profil Sumur P	
Nama Sumur	Sumur P
Type Pompa	ESP
Lokasi	PT. X
Lapangan	A
Panjang <i>ESP</i>	11.50 <i>ft</i>
Panjang Tubing 66 <i>joints</i> $3\frac{1}{2}$	2051.71 <i>ft</i>

<i>Reason Of Operation</i>	<i>Recondition Pump</i>
<i>Top Perforation</i>	3777'
Berat Air	8.33 ppg
<i>Safety Factor</i>	0.6 ppg
<i>Casing Size</i>	7" 23#
<i>Tubing Size</i>	3.5" EUE
<i>Formation Fracture Gradient Area A</i>	0.75 psi/ft

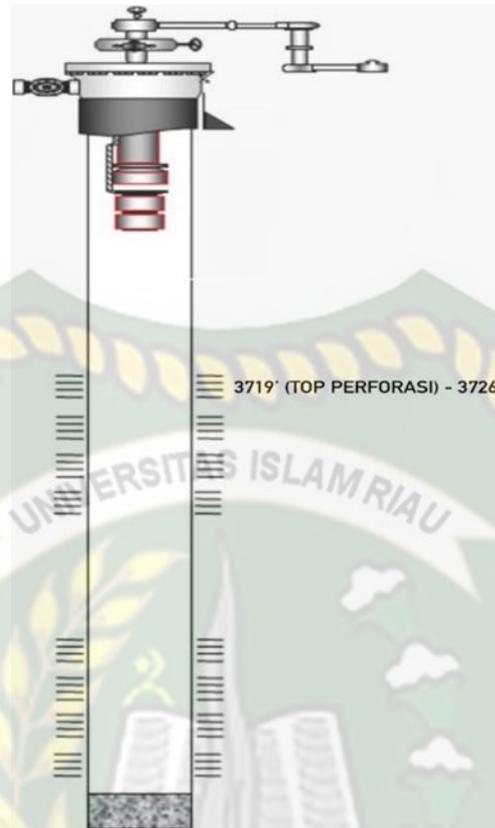
Berdasarkan Tabel 4.1 yaitu keterangan dari *profile* sumur P yang nantinya akan digunakan kedalam perhitungan untuk menghitung *kill mud weight*. Guna mendapatkan total *sack NaCl* untuk dilakukannya pekerjaan *killing well*. Serta *range* dari *formation fracture gradient* di *area* lapangan A yang digunakan dalam perhitungan adalah 0.75 *psi/ft*.

4.1.2 Profil Sumur N

Sumur N adalah sumur yang juga terletak di PT. X lapangan A. Sumur ini dianalisis sebagai contoh dari penggunaan *NaCl* yang berhasil diterapkan pada sumur P. Adapun *profile* sumur N dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut.



Gambar 4. 3 Sumur N dan Top Perforasi



Gambar 4. 4 Top Perforasi Sumur N

Dapat dilihat pada Gambar 4.3 diatas bahwa sumur N juga menggunakan rangkaian pompa *ESP* sebagai alat pengangkatan buatan. Serta dapat dilihat titik dari *top perforation* pada gambar 4.4. *Top perforation* berguna untuk membuka jalur minyak bumi dari reservoir menuju jalur produksi.

Tabel 4. 2 Profil Sumur N

Profil Sumur N	
Nama Sumur	N
Type Pompa	ESP
Lokasi	PT. X
Lapangan	A
Panjang ESP	9.20 ft
Panjang Tubing	1440.61 ft
<i>Reason Of Operation</i>	<i>Water Shut Off</i>
<i>Top Perforation</i>	3719'
Berat Air	8.33 ppg

<i>Safety Factor</i>	0.6 ppg
<i>Casing Size</i>	7" 23#
<i>Tubing Size</i>	3.5" EUE
<i>Formation Fracture Gradient Area A</i>	0.75 psi/ft

Berdasarkan pada Tabel 4.2 berisikan *profile* dari sumur N yang akan digunakan untuk melakukan perhitungan *kill mud weight* dan mendapatkan total *sack NaCl* guna melakukan pekerjaan *killing well*. Dan juga *formation fracture gradient* di *area* lapangan A yang digunakan kedalam perhitungan yaitu 0.75 *psi/ft*.

4.2 Perhitungan Desain *Kill Fluid*

Perhitungan *kill fluid* adalah proses penting dalam operasi pengeboran minyak dan gas, terutama saat mematikan sumur. *Kill fluid* dirancang untuk mengontrol tekanan reservoir dan menghentikan aliran hidrokarbon ke permukaan.

4.2.1 Desain *Kill Fluid* Menggunakan NaCl Jenis A Pada Sumur P

A. Perhitungan Berat *Kill Fluid*

Kill mud weight adalah istilah yang digunakan dalam industri perminyakan untuk menggambarkan berat jenis lumpur pengeboran yang diperlukan untuk menekan atau "mematikan" sumur minyak atau gas yang sedang mengalami masalah. Tujuan dari penggunaan *kill mud weight* adalah untuk mengontrol tekanan reservoir dan mencegah *blowout* (ledakan gas atau minyak dari sumur) (Miskimins et al., 2018). Adapun data yang diperlukan dalam perhitungan *kill mud weight*, yaitu:

Tekanan sumur pada saat diambil data awal, didapatkan nilai :

$$SICP = 350 \text{ psi}$$

$$SITP = 200 \text{ psi}$$

Kemudian dilakukan *bleed off pressure* selama 3 jam. *Bleed off pressure* digunakan untuk melepaskan tekanan dan fluida – fluida yang terdapat didalam sumur dengan cara membuka *valve annulus* dari sistem dengan aman, mencegah kondisi tekanan berlebih dan potensi ledakan selama operasi

pengeboran (API Standard 53, 2018, p. 8). Setelahnya *shut in well* dan didapatkan nilai :

$$SICP = 260 \text{ psi (turun)}$$

$$SITP = 250 \text{ psi (turun)}$$

Dikarenakan SICP dan SITP masih besar maka dilakukan *bleed off pressure* kembali selama 4 jam kemudian *shut in well* dan didapat nilai akhir :

$$SICP = 160 \text{ psi (turun)}$$

$$SITP = 150 \text{ psi (turun)}$$

Maka ditentukan $SICP = 160 \text{ psi}$ untuk desain *kill mud weight*. SICP dapat dilihat dari *pressure gauge* pada sumur.

Rumus *kill mud weight* :

$$\begin{aligned} & \frac{SICP \text{ (psi)}}{0.052 \times Top \text{ Perfo (ft)}} + Berat \text{ air (ppg)} + SF \text{ (ppg)} \\ &= \frac{160 \text{ psi}}{0.052 \times 3777 \text{ ft}} + 8.33 \text{ ppg} + 0.6 \text{ ppg} \\ &= 0.8146 + 8.33 \text{ ppg} + 0.6 \text{ ppg} \\ &= 0.81 + 833 \text{ ppg} + 0.6 \text{ ppg} \\ &= 9.74 \text{ ppg} \\ &= 9.8 \text{ ppg} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari perhitungan diatas nilai *SICP* yang ditentukan untuk desain *kill mud weight* adalah 160 psi . Kemudian untuk nilai dari *top perforation*, berat air, dan *safety factor* dapat dilihat pada tabel 4.1 dan didapatkan hasil dari perhitungan *kill mud weight* adalah 9.8 ppg . *Safety factor* ini bertujuan untuk penambahan berat *kill fluid* seperti garam atau *chemical* lainnya agar *kill fluid* yang digunakan sesuai yang diharapkan. *Safety factor* yang digunakan pada perhitungan ini sesuai dengan ketentuan Perusahaan yaitu 0.6 ppg . Nilai ini digunakan karena efektif terhadap pekerjaan *killing well*, apabila nilainya terlalu besar dikhawatirkan akan mengakibatkan sumur menjadi loss sedangkan jika nilainya tidak mencukupi maka sumur fluida tidak bisa menahan tekanan dari formasi. Menurut Kastor et al., (1974) Konsep yang umum dari *safety factor* adalah bahwa peningkatan tekanan hidrostatik terhadap tekanan fluida formasi memberikan faktor keamanan yang memungkinkan pengendalian yang efektif terhadap sumur.

B. Perhitungan Panjang Total Tubing

Didalam sumur terdapat rangkaian pompa yang terdiri dari 1 *unit ESP* sepanjang 11.50 *ft* dan tubing 66 *joints* $3\frac{1}{2}$ sepanjang 2051.71 *ft* dapat dilihat pada table 4.1. Maka rangkaian pompa tersebut dihitung sebagai panjang total tubing.

$$\begin{aligned} & 1 \text{ unit ESP} + \text{Tubing } 66 \text{ joints } 3\frac{1}{2} \\ & = 11.50 \text{ ft} + 2051.71 \text{ ft} \\ & = 2063.21 \text{ ft} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapat Panjang total tubing yaitu 2063.21 *ft*.

C. Perhitungan Volume Total *Annulus*

Casing produksi di sumur P menggunakan ukuran 7”#23 sesuai dengan Tabel 4.1. Untuk casing dengan OD 7” dan *weight* 23 *lb/ft* diperoleh data ID casing dari Tabel 4.3 sebesar 6.366” sedangkan OD tubing menggunakan ukuran tubing 3.5” dari tabel 4.1.

Tabel 4. 3 Casing Data Sheet

OD	Nominal Weigt T & C	ID	Capacity
Inch	Lbs/ft	Inch	Bbl/ft
6 5/8	32	5.675	0.03129
7	20	6.465	0.04049
7	23	6.366	0.03937
7	26	6.276	0.03826
7	29	6.184	0.03715

(Sumber : drillingformulas.com 2014)

Pada Tabel 4.3 terdapat casing data *sheet* yang berguna untuk mengetahui berapa nilai dari ID *casing*.

Berikut rumus untuk menghitung volume *annulus* :

$$\begin{aligned}
 & \frac{ID \text{ casing}^2 - OD \text{ tubing}^2}{1029.4} \\
 &= \frac{6.366^2 - 3.5^2}{1029.4} \\
 &= \frac{40.53 - 12.25}{1029.4} \\
 &= 0.02747 \text{ bbl/ft} \\
 &= 0.0275 \text{ bbl/ft}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan nilai dari volume *annulus* sebesar 0,0275 *bbl/ft*. Kemudian untuk mendapatkan volume total *annulus*, volume *annulus* dikalikan dengan panjang total tubing.

$$\begin{aligned}
 & \text{Volume } annulus \times \text{panjang total tubing} \\
 &= 0.0275 \text{ bbl/ft} \times 2063.21 \text{ ft} \\
 &= 56.73 \text{ bbls} \\
 &= 57 \text{ bbls}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan nilai dari volume total *annulus* sebesar 57 *bbls*.

D. Perhitungan *Volume Casing*

Nilai dari *capacity casing* dapat dilihat pada Tabel 4.3 yaitu 0.0394 *bbl/ft*.

Adapun rumus perhitungan *volume casing* adalah :

$$\begin{aligned}
 & \text{Volume casing } 7''\#23 \times (\text{top perfo} - \text{panjang tubing}) \\
 &= 0.0394 \text{ bbl/ft} \times (3777 \text{ ft} - 2063.21 \text{ ft}) \\
 &= 0.0394 \text{ bbl/ft} \times 1713.79 \text{ ft} \\
 &= 67.52 \text{ bbls} \\
 &= 68 \text{ bbls}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan nilai dari *volume casing* sebesar 68 *bbls*.

E. Perhitungan *Bullhead*

Menurut Moss, C., et al. (2020), metode *bullhead* melibatkan pemompaan fluida dengan kepadatan tinggi ke dalam lubang sumur untuk melawan tekanan

reservoir dan mengontrol aliran sumur. Adapun rumus untuk menghitung *volume bullhead* yaitu:

Volume annulus + volume casing

= 57 bbls + 68 bbls

= 125 bbls

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan nilai dari *volume bullhead* adalah 125 *bbls*. Untuk alasan keselamatan (*safety reason*) jika sumur kembali mengalami *flowing*, maka harus menambahkan *volume kill fluid*. *Volume kill fluid* ditambahkan sebanyak 48 *bbls*. Jadi total *volume bullhead* adalah 125 *bbls* + 48 *bbls* = 173 *bbls*.

F. Perhitungan *Sack NaCl*

Tabel 4. 4 Kill Fluid

Berat air garam LB/GAL (PPG)	Pressure gradient PSI/FT	Water BBL	NaCl 100 LBS/SK SKS
8.4	0.437	99.8	4
8.5	0.442	99.3	9
8.6	0.447	98.6	16
8.7	0.452	98.1	22
8.8	0.457	97.6	28
8.9	0.463	96.9	35
9.0	0.468	96.2	41
9.1	0.473	95.5	47
9.2	0.478	94.8	54
9.3	0.483	94.0	61
9.4	0.489	93.3	68
9.5	0.494	92.6	74
9.6	0.499	91.9	81
9.7	0.504	91.0	88
9.8	0.509	90.2	95
9.9	0.515	89.5	102

10.0	0.52	88.8	109
------	------	------	-----

(Sumber: PT. X)

Tabel 4.4 adalah tabel perencanaan *kill fluid* yang digunakan di PT.X berdasarkan dari berat *kill fluid*. Adapun rumus perhitungan *sack NaCl* yaitu:

$$= \frac{95 \text{ sack}}{90,2 \text{ bbl}} \times 173 \text{ bbls} = 182 \text{ sack NaCl}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan *sack NaCl* sebanyak 182 *sack*. Karena sumur tersebut masih dalam keadaan *flowing* maka *volume kill fluid* ditambahkan sebesar 36 *sack* dan 50 *bbls*. Tetapi, sumur masih tetap dalam keadaan *flowing* maka *volume kill fluid* ditambahkan lagi sebesar 40 *sack* dan 90 *bfw*. Namun sumur masih saja dalam keadaan *flowing*. Jadi total *sack NaCl* yang digunakan dalam pekerjaan *killing well* adalah sebanyak 258 *sack* dan 313 *bfw*.

G. Tekanan Maksimal Yang Diizinkan

Data yang digunakan pada perhitungan ini dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.4.

- Top perforasi 3777
- *Fracture pressure* = 0.75 *psi/ft*
- *Pressure gradient kill fluid* = 9.8 *ppg*
= 0.509 *psi/ft*

Maka tekanan maksimum pompa adalah :

$$\begin{aligned} & (\text{Fracture pressure} - \text{pressure gradient kill fluid}) \times \text{top perforasi} \\ & = (0.75 \text{ psi/ft} \times 3777 \text{ ft}) - (0.509 \text{ psi/ft} \times 3777 \text{ ft}) \\ & = 2832.75 \text{ psi} - 1922.4 \text{ psi} \\ & = 910.26 \text{ psi} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan nilai tekanan maksimum pompa sebesar 910.26 *psi*.

H. Waktu Pemompaan *Kill Fluid*

$$\begin{aligned}
 V_{\text{bbl/stroke}} &= 0.000243 \times \text{ID}^2 \text{ Liner} \times \text{stroke length} \\
 &= 0.000243 \times 5'' \times 7'' \\
 &= 0.043 \text{ bbl/stroke}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ menit} &= V_{\text{bbl/stroke}} \times \text{stroke dalam 1 menit} \\
 &= 0.043 \text{ bbl/stroke} \times 45 \text{ stroke} \\
 &= 1.935 \text{ bbl/menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{\text{volume bullhead}}{V \text{ 1 menit}} \\
 &= \frac{173 \text{ bbl}}{1.935 \frac{\text{bbl}}{\text{menit}}} \\
 &= 90 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Desain *Kill Fluid* Menggunakan NaCl Jenis B Pada Sumur N

A. Perhitungan Berat *Kill Fluid*

Tekanan sumur saat diambil data awal, didapatkan nilai :

$$SICP = 200 \text{ psi}$$

$$SITP = 160 \text{ psi}$$

Kemudian dilakukan *bleed off pressure* yaitu dengan membuka *valve annulus* guna mengeluarkan *pressure* beserta fluida selama 3 jam setelah itu *shut in well* dan didapatkan nilai :

$$SICP = 120 \text{ psi (tetap)}$$

$$SITP = 70 \text{ psi (turun)}$$

Maka ditentukan $SICP = 120 \text{ psi}$ untuk desain *kill mud weight*.

Rumus *kill mud weight*

$$\begin{aligned}
 &\frac{SICP \text{ (psi)}}{0.052 \times \text{Top Perfo (ft)}} + \text{Berat air (ppg)} + SF \text{ (ppg)} \\
 &= \frac{120 \text{ psi}}{0.052 \times 3719 \text{ ft}} + 8.33 \text{ ppg} + 0.6 \text{ ppg} \\
 &= 0.6205 + 8.33 \text{ ppg} + 0.6 \text{ ppg} \\
 &= 0.62 + 8.33 \text{ ppg} + 0.6 \text{ ppg} \\
 &= 9.5 \text{ ppg}
 \end{aligned}$$

Safety factor yang digunakan pada perhitungan ini sesuai dengan ketentuan Perusahaan yaitu 0.6 ppg.

B. Perhitungan Panjang Total Tubing

Didalam sumur terdapat rangkaian pompa yang terdiri dari 1 *unit ESP* sepanjang 9.20 *ft* dan tubing 33 *joints* 3 $\frac{1}{2}$ sepanjang 1460.61 *ft*. Maka rangkaian pompa tersebut dihitung sebagai panjang total tubing.

$$\begin{aligned} & 1 \text{ unit ESP} + \text{Tubing } 33 \text{ joints } 3 \frac{1}{2} \\ & = 9.20 \text{ ft} + 1460.61 \text{ ft} \\ & = 1469.81 \text{ ft} \end{aligned}$$

C. Perhitungan Volume Total *Annulus*

Casing produksi di sumur N menggunakan ukuran 7”#23 sesuai dengan Tabel 4.1 *profile* sumur n. Untuk casing dengan OD 7” dan weight 23 *lb/ft* diperoleh data ID casing dari Tabel 4.5 sebesar 6.366” sedangkan OD tubing menggunakan ukuran tubing 3.5”.

$$\begin{aligned} & \frac{ID \text{ casing}^2 - OD \text{ tubing}^2}{1029.4} \\ & = \frac{6.366^2 - 3.5^2}{1029.4} \\ & = \frac{40.53 - 12.25}{1029.4} \\ & = 0.02747 \text{ bbl/ft} \\ & = 0.0275 \text{ bbl/foot} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung volume total *annulus* yaitu volume *annulus* × panjang tubing

$$\begin{aligned} & = 0.0275 \text{ bbl/foot} \times 1469.81 \text{ ft} \\ & = 40.41 \text{ bbls} \\ & = 40 \text{ bbls} \end{aligned}$$

D. Perhitungan Volume Casing

Nilai dari *capacity* casing dapat dilihat pada Tabel 4.3 yaitu 0.0394 *bbl/foot*. Adapun rumus perhitungan volume casing adalah :

$$\begin{aligned} & \text{Volume casing } 7\text{”}\#23 \times (\text{top perfo} - \text{panjang tubing}) \\ & = 0.0394 \text{ bbl/ft} \times (3719 \text{ ft} - 1469.81 \text{ ft}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.0394 \text{ bbl/ft} \times 2249.19 \text{ ft} \\
 &= 88.61 \text{ bbls} \\
 &= 89 \text{ bbls}
 \end{aligned}$$

E. Perhitungan *Bullhead*

$$\begin{aligned}
 &\text{Volume } \textit{annulus} + \text{volume casing} \\
 &= 40 \text{ bbls} + 89 \text{ bbls} \\
 &= 129 \text{ bbls}
 \end{aligned}$$

Untuk alasan keselamatan (*safety reason*) agar sumur tidak *flowing*, maka harus menambahkan volume *kill fluid*. Volume *kill fluid* ditambahkan sebanyak 21 *bbls*. Jadi, $129 \text{ bbls} + 21 \text{ bbls} = 150 \text{ bbls}$.

F. Perhitungan *Sack NaCl*

$$\begin{aligned}
 \text{Sack NaCl} &= \frac{\text{NaCl} \left(\frac{100\text{lbs}}{\text{sack}} \right)}{\text{Water (bbl)}} \times \text{vol kill fluid} \\
 &= \frac{74 \text{ sack}}{92,6 \text{ bbl}} \times 150 \text{ bbls} = 120 \text{ sack NaCl}
 \end{aligned}$$

G. Tekanan Maksimal Yang Diizinkan

- Top perforasi = 3719 ft
- *Fracture pressure* = 0.75 psi/ft
- *Pressure gradient kill fluid* = 9.8 ppg
= 0.494 psi/ft

Maka tekanan maksimum pompa adalah :

$$\begin{aligned}
 &(\text{Fracture pressure} - \text{pressure gradient kill fluid}) \times \text{top perforasi} \\
 &= (0.75 \text{ psi/ft} \times 3719 \text{ ft}) - (0.494 \text{ psi/ft} \times 3719 \text{ ft}) \\
 &= 2789.25 \text{ psi} - 1837.18 \text{ psi} \\
 &= 952.07 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

H. Waktu Pemompaan *Kill Fluid*

$$\begin{aligned}
 V_{\text{bbl/stroke}} &= 0.000243 \times \text{ID}^2 \text{ Liner} \times \text{stroke length} \\
 &= 0.000243 \times 5'' \times 7''
 \end{aligned}$$

$$= 0.043 \text{ bbl/stroke}$$

$$V \text{ menit} = V_{\text{bbl/stroke}} \times \text{stroke dalam 1 menit}$$

$$= 0.043 \text{ bbl/stroke} \times 45 \text{ stroke}$$

$$= 1.935 \text{ bbl/menit}$$

$$T = \frac{\text{volume bullhead}}{V \text{ menit}}$$

$$= \frac{150 \text{ bbl}}{1.935 \frac{\text{bbl}}{\text{menit}}}$$

$$= 78 \text{ menit}$$

4.2.3 Desain Kill Fluid Menggunakan NaCl Jenis B Pada Sumur P

A. Perhitungan Berat Kill Fluid

Tekanan sumur saat diambil data awal, didapatkan nilai :

$$SICP = 150 \text{ psi}$$

$$SITP = 130 \text{ psi}$$

Kemudian dilakukan *bleed off pressure* yaitu dengan membuka *valve annulus* guna mengeluarkan *pressure* beserta fluida selama 2,5 jam setelah itu *shut in well* dan didapatkan nilai :

$$SICP = 150 \text{ psi (tetap)}$$

$$SITP = 110 \text{ psi (turun)}$$

Karena tekanan masih cukup besar maka dilakukan *bleed off pressure* kembali selama 2 jam. Setelah itu *shut in well* dan didapat nilai akhir :

$$SICP = 170 \text{ psi (naik)}$$

$$SITP = 110 \text{ psi (tetap)}$$

Maka ditentukan $SICP = 170 \text{ psi}$ untuk desain *kill mud weight*.

Rumus *kill mud weight*

$$\frac{SICP \text{ (psi)}}{0.052 \times \text{Top Perfo (ft)}} + \text{Berat air (ppg)} + SF \text{ (ppg)}$$

$$= \frac{170 \text{ psi}}{0.052 \times 3777 \text{ ft}} + 8,33 \text{ ppg} + 0,6 \text{ ppg}$$

$$= 0.8655 + 8.33 \text{ ppg} + 0.6 \text{ ppg}$$

$$= 0.87 + 8.33 \text{ ppg} + 0.6 \text{ ppg}$$

$$= 9.8 \text{ ppg}$$

Safety factor yang digunakan pada perhitungan ini sesuai dengan ketentuan Perusahaan yaitu 0.6 ppg.

B. Perhitungan Panjang Tubing

Didalam sumur terdapat rangkaian pompa yang terdiri dari 1 *unit ESP* sepanjang 11.50 *ft* dan tubing 66 *joints* $3 \frac{1}{2}$ sepanjang 2051.71 *ft*. Maka rangkaian pompa tersebut dihitung sebagai panjang total tubing.

$$1 \text{ unit ESP} + \text{Tubing } 66 \text{ joints } 3 \frac{1}{2}$$

$$= 11.50 \text{ ft} + 2051.71 \text{ ft}$$

$$= 2063.21 \text{ ft}$$

C. Perhitungan Volume Annulus

Casing produksi di sumur P menggunakan ukuran 7”#23 sesuai dengan Tabel 4.1 *profile* sumur P. Untuk casing dengan OD 7” dan weight 23 *lb/ft* diperoleh data ID casing dari Tabel 4.5 sebesar 6.366” sedangkan OD tubing menggunakan ukuran tubing 3.5”.

$$\frac{ID \text{ casing}^2 - OD \text{ tubing}^2}{1029.4}$$

$$= \frac{6.366^2 - 3.5^2}{1029.4}$$

$$= \frac{40.53 - 12.25}{1029.4}$$

$$= 0.02747 \text{ bbl/ft}$$

$$= 0.0275 \text{ bbl/ft}$$

Kemudian menghitung volume total *annulus* yaitu volume *annulus* × panjang tubing

$$= 0.0275 \text{ bbl/ft} \times 2063.21 \text{ ft}$$

$$= 56.73 \text{ bbls}$$

$$= 57 \text{ bbls}$$

D. Perhitungan Volume Casing

Nilai dari *capacity* casing dapat dilihat pada Tabel 4.3 yaitu 0.0394 *bbl/foot*. Adapun rumus perhitungan volume casing adalah :

$$\begin{aligned}
 & \text{Volume casing } 7''\#23 \times (\text{top perfo} - \text{panjang tubing}) \\
 & = 0.0394 \text{ bbl/ft} \times (3777 \text{ ft} - 2063.21 \text{ ft}) \\
 & = 0.0394 \text{ bbl/ft} \times 1713.79 \text{ ft} \\
 & = 67.52 \text{ bbls} \\
 & = 68 \text{ bbls}
 \end{aligned}$$

E. Perhitungan *Bullhead*

$$\begin{aligned}
 & \text{Volume } \textit{annulus} + \text{volume casing} \\
 & = 57 \text{ bbls} + 68 \text{ bbls} \\
 & = 125 \text{ bbls}
 \end{aligned}$$

Untuk alasan keselamatan (*safety reason*) jika sumur kembali mengalami *flowing*, maka harus menambahkan volume *kill fluid*. Volume *kill fluid* ditambahkan sebanyak 48 *bbls*. Jadi, 125 *bbls* + 48 *bbls* = 173 *bbls*.

F. Perhitungan *Sack NaCl*

$$\begin{aligned}
 \text{Sack NaCl} &= \frac{\text{NaCl } (\frac{100\text{lbs}}{\text{sack}})}{\text{Water (bbl)}} \times \text{vol kill fluid} \\
 &= \frac{95 \text{ sack}}{90,2 \text{ bbl}} \times 173 \text{ bbls} = 182 \text{ sack NaCl}
 \end{aligned}$$

G. Tekanan Maksimal Yang Diizinkan

- Top perforasi = 3777
- *Fracture pressure* = 0.75 *psi/ft*
- *Pressure gradient kill fluid* = 9.8 *ppg*
= 0.509 *psi/ft*

Maka tekanan maksimum pompa adalah :

$$\begin{aligned}
 & (\textit{Fracture pressure} - \textit{pressure gradient kill fluid}) \times \text{top perforasi} \\
 & = (0.75 \text{ psi/ft} \times 3777 \text{ ft}) - (0.509 \text{ psi/ft} \times 3777 \text{ ft}) \\
 & = 2832.75 \text{ psi} - 1922.49 \text{ psi} \\
 & = 910.26 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

H. Waktu Pemompaan *Kill Fluid*

$$V_{\text{bbl/stroke}} = 0.000243 \times \text{ID}^2 \text{ Liner} \times \textit{stroke length}$$

$$= 0.000243 \times 5'' \times 7''$$

$$= 0.043 \text{ bbl/stroke}$$

$V_{\text{menit}} = V_{\text{bbl/stroke}} \times \text{stroke dalam 1 menit}$

$$= 0.043 \text{ bbl/stroke} \times 45 \text{ stroke}$$

$$= 1.935 \text{ bbl/menit}$$

$$T = \frac{\text{volume bullhead}}{V_{\text{menit}}}$$

$$= \frac{150 \text{ bbl}}{1.935 \frac{\text{bbl}}{\text{menit}}}$$

$$= 78 \text{ menit}$$

4.3 Analisis Pekerjaan *Killing Well*

Pekerjaan *killing well* atau mematikan sumur sementara dilakukan agar tekanan formasi lebih kecil daripada tekanan hidrostatik, kondisi ini biasanya disebut dengan *underpressure*. Pekerjaan *killing well* ini menggunakan larutan garam seperti NaCl. Larutan garam NaCl telah menjadi metode yang umum digunakan untuk mengontrol tekanan dalam sumur minyak yang menghadapi ancaman kebocoran atau *blowout*. Larutan NaCl yang digunakan biasanya memiliki konsentrasi yang bervariasi tergantung pada kondisi sumur dan kebutuhan spesifik dari operasi tersebut. Menurut Economides & Nolte (2000), larutan NaCl dengan konsentrasi yang tepat disuntikkan ke dalam sumur untuk menyeimbangkan tekanan dalam menghadapi kejadian *kick gas* atau *blowout*.

Pada pekerjaan *killing well* sumur P yang menggunakan NaCl jenis A, sumur tersebut gagal di *killing* dan masih *flowing* sehingga tidak dapat dilakukannya pekerjaan *work over well service*. Indikasi dari kegagalan *killing well* sumur P yaitu terdapat pada jenis NaCl yang digunakan. Hal ini dikarenakan di lapangan yang sama dengan sumur P, terdapat sumur N yang berhasil di *killing* dengan menggunakan NaCl jenis B. Setelah dilakukan pekerjaan *killing well* pada sumur P dengan menggunakan NaCl jenis B, sumur tersebut berhasil di *killing* dan bisa dilanjutkan dengan pekerjaan *work over well service*. Hal ini membuktikan bahwa NaCl jenis B efektif berperan sebagai *kill fluid*.

Kegagalan dalam pekerjaan *killing well* dengan menggunakan NaCl dapat disebabkan oleh konsentrasi larutan yang tidak tepat. Jika konsentrasi larutan tidak tepat, larutan mungkin tidak memiliki kekuatan yang cukup untuk menutup sumur dengan efektif. Konsentrasi yang terlalu rendah mungkin tidak dapat menahan tekanan atau membentuk segel yang stabil. Menurut penelitian oleh Jhonson et al. (2019), kegagalan dalam membentuk segel yang efektif di sumur sering kali disebabkan oleh penggunaan NaCl dengan konsentrasi yang tidak sesuai yang mengakibatkan tekanan formasi tidak terkontrol.

Adapun kandungan NaCl pada NaCl jenis B lebih besar yaitu 98.26% dibandingkan NaCl jenis A yang memiliki kandungan NaCl sebesar 93.01%. Kandungan NaCl dapat dilihat pada Lampiran I. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi NaCl yang lebih tinggi menyebabkan penurunan tekanan reservoir yang lebih signifikan. Konsentrasi larutan NaCl memainkan peran krusial dalam efektivitas proses *killing well*. Konsentrasi yang tepat memastikan bahwa larutan garam memiliki densitas dan kekuatan yang cukup untuk menutup sumur secara efektif. Dalam studi oleh Smith & Lee (2019), mereka menunjukkan bahwa larutan NaCl dengan konsentrasi yang diatur dengan hati-hati memberikan segel yang stabil dan mencegah aliran balik dari formasi bawah tanah. Selain itu, pada penelitian lain juga terdapat temuan bahwa NaCl dapat digunakan untuk mengontrol tekanan dalam reservoir (Hassler, 2019).

4.4 Keekonomian Pekerjaan Killing Well

4.4.1 Keekonomian Sumur P Menggunakan NaCl jenis A

Tabel 4. 5 *Estimate dan Actual Rig* Sumur P yang tidak berhasil

Variabel	<i>Estimate</i>	<i>Actual</i>	Keterangan
<i>Rig Days</i>	3 days	4 days	Waktu dalam melakukan pekerjaan <i>killing well</i> melewati batas yang telah direncanakan.
<i>Rig Cost</i>	174.902.400	210.670.833	Biaya yang digunakan untuk melakukan pekerjaan <i>killing well</i> melebihi dari anggaran yang ada.

Tabel 4.5 memperlihatkan *estimate* dan *actual* dari dilakukannya pekerjaan *killing well* yaitu *rig days* dan *rig cost*. Rig yang digunakan dalam pekerjaan *killing well* ini terdapat penambahan hari sehingga biaya sewa yang dikeluarkan juga bertambah. Hal ini dikarenakan pekerjaan *killing well* tersebut belum berhasil atau sumur tersebut masih dalam keadaan *flowing*.

Tabel 4. 6 NaCl Cost

Variabel	<i>sack</i>	<i>Cost</i>	Keterangan
NaCl	1	1.100.625	Harga dari 1 <i>sack</i> NaCl yang digunakan pada pekerjaan <i>killing well</i> .
Total NaCl	258	283.961.250	Harga dari total <i>sack</i> NaCl yang digunakan pada pekerjaan <i>killing well</i> .

NaCl *cost* pada Tabel 4.6 memperlihatkan harga dari 1 *sack* NaCl dan juga harga dari total *sack* NaCl yang digunakan pada pekerjaan *killing well*. Pada sumur P dengan menggunakan NaCl jenis A ini terdapat penambahan jumlah *sack* NaCl yang digunakan karena sumur tersebut masih dalam keadaan *flowing* sehingga *cost* yang dikeluarkan menjadi bertambah.

4.4.2 Keekonomian Sumur N Menggunakan NaCl Jenis B

Tabel 4. 7 Estimate dan Actual Rig pada Sumur N yang berhasil

Variabel	<i>Estimate</i>	<i>Actual</i>	Keterangan
<i>Rig Days</i>	4 <i>days</i>	3 <i>days</i>	Waktu dalam melakukan pekerjaan <i>killing well</i> kurang dari waktu yang telah direncanakan.
<i>Rig Cost</i>	340.761.600	189.592.447	Biaya yang digunakan untuk melakukan pekerjaan <i>killing well</i> kurang dari anggaran yang ada.

Pada Tabel 4.7 memperlihatkan *estimate* dan *actual* dari dilakukannya pekerjaan *killing well* yaitu *rig days* dan *rig cost*. Rig yang digunakan dalam

pekerjaan *killing well* ini terdapat pengurangan hari sehingga biaya sewa yang dikeluarkan juga berkurang.

Tabel 4. 8 NaCl Cost

Variabel	<i>sack</i>	<i>Cost</i>	Keterangan
NaCl	1	374.000	Harga dari 1 <i>sack</i> NaCl yang digunakan pada pekerjaan <i>killing well</i> .
Total NaCl	120	44.880.000	Harga dari total <i>sack</i> NaCl yang digunakan pada pekerjaan <i>killing well</i> .

Tabel 4.8 NaCl *cost* memperlihatkan harga dari 1 *sack* NaCl dan juga harga dari total *sack* NaCl yang digunakan pada pekerjaan *killing well*.

4.4.3 Keekonomian Sumur P Menggunakan NaCl Jenis B

Tabel 4. 9 Estimate dan Actual Rig pada Sumur P yang berhasil

Variabel	<i>Estimate</i>	<i>Actual</i>	Keterangan
<i>Rig Days</i>	3 days	2 days	Waktu dalam melakukan pekerjaan <i>killing well</i> kurang dari waktu yang telah direncanakan.
<i>Rig Cost</i>	177.120.000	119.915.104	Biaya yang digunakan untuk melakukan pekerjaan <i>killing well</i> kurang dari anggaran yang ada.

Pada Tabel 4.9 memperlihatkan *estimate* dan *actual* dari dilakukannya pekerjaan *killing well* yaitu *rig days* dan *rig cost*. Rig yang digunakan dalam pekerjaan *killing well* ini terdapat pengurangan hari sehingga biaya sewa yang dikeluarkan juga berkurang. Hal ini karena pekerjaan *killing well* tersebut berhasil karena menggunakan NaCl jenis B.

Tabel 4. 10 NaCl Cost

Variabel	<i>sack</i>	<i>Cost</i>	Keterangan
NaCl	1	374.000	Harga dari 1 <i>sack</i> NaCl yang digunakan

			pada pekerjaan <i>killing well</i> .
Total NaCl	182	68.068.000	Harga dari total <i>sack</i> NaCl yang digunakan pada pekerjaan <i>killing well</i> .

Tabel 4.10 NaCl *cost* memperlihatkan harga dari 1 *sack* NaCl dan juga harga dari total *sack* NaCl yang digunakan pada pekerjaan *killing well*. Total *cost* yang dikeluarkan pada penggunaan NaCl B lebih kecil daripada menggunakan NaCl jenis A karena *killing well* tersebut berhasil dilakukan.

4.5 Analisis Keekonomian Pekerjaan *Killing Well*

Menurut Ariyon et al., (2022) kegiatan minyak dan gas yang dilakukan pada industri migas harus dilakukan dengan perhitungan yang tepat sehingga potensi kerugian finansial diminimalkan. Kegagalan dalam mematikan sumur dapat menyebabkan biaya tambahan yang signifikan untuk perbaikan. Menurut Edward & Thompson (2023), kegagalan dalam prosedur mematikan sumur sering kali berakibat pada biaya tambahan yang tinggi untuk perbaikan dan tidakkan pencegahan. Untuk alasan itu, perlu untuk melakukan analisis ekonomi terhadap kegiatan tersebut.

Pada pekerjaan *killing well* sumur P yang menggunakan NaCl jenis A, *rig cost* yang dikeluarkan sebesar Rp. 210.670.833 dengan NaCl *cost* sebesar Rp. 283.961.250 dimana harga NaCl/*sack* yaitu Rp. 1.100.625. Adapun total pengeluarannya sebesar Rp. 494.632.083. Sedangkan pekerjaan *killing well* pada sumur P yang menggunakan NaCl jenis B, *rig cost* yang dikeluarkan sebesar Rp. 119.915.104 dengan NaCl *cost* sebesar Rp. 68.068.000 dimana harga NaCl/*sack* yaitu Rp. 374.000. Adapun total pengeluarannya sebesar Rp. 187.983.104

Berdasarkan paparan tersebut dapat dilihat bahwasannya total pengeluaran dengan menggunakan NaCl jenis B jauh lebih murah dibandingkan menggunakan NaCl jenis A dengan selisih sebesar Rp. 306.648.979. Selain itu, harga NaCl jenis B juga relatif lebih murah dibandingkan NaCl jenis A. Sehingga, secara keefektifan dan keekonomian penggunaan NaCl jenis B lebih menguntungkan dibandingkan menggunakan NaCl jenis A.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Pekerjaan *killing well* pada sumur P dengan menggunakan NaCl jenis A, jumlah NaCl yang digunakan sebanyak 258 *sack*, air formasi yang digunakan sebanyak 313 *bfw*, dan *kill mud weight* sebesar 9,8 *ppg*. Pada sumur P dengan menggunakan NaCl jenis B, jumlah NaCl yang digunakan sebanyak 182 *sack*, air formasi yang digunakan sebanyak 173 *bfw*, dan *kill mud weight* yang digunakan sebesar 9,8 *ppg*. Pekerjaan *killing well* berhasil dilakukan pada sumur P dengan NaCl jenis B karena komposisi NaCl jenis B lebih besar yaitu 98.26% dibandingkan dengan NaCl jenis A yang hanya 93.01%. Maka dapat disimpulkan bahwa pemilihan jenis NaCl sangat penting agar pekerjaan *killing well* dapat berhasil.
2. Pada sumur P yang mengalami kegagalan *killing well* yang menggunakan NaCl jenis A, jumlah *cost* yang dikeluarkan untuk sewa rig sebesar Rp.210.670.833, NaCl jenis A yang digunakan sebanyak 258 *sack* dengan total *cost* sebesar Rp.283.961.250. Sedangkan pada sumur P yang berhasil di *killing* yang menggunakan NaCl jenis B, jumlah *cost* yang dikeluarkan sebesar Rp.119.915.104, NaCl jenis B yang digunakan sebanyak 182 *sack* dengan total *cost* sebesar Rp.68.068.000. Dari hasil diatas dapat diketahui bahwa penggunaan pada *kill fluid* dengan NaCl jenis B lebih ekonomis (murah) dan efektif dibanding NaCl jenis A.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah saya lakukan, peneliti menyarankan untuk PT.X menggunakan NaCl jenis B dikarenakan harga NaCl jenis B jauh lebih ekonomis (murah) dibanding NaCl jenis A. Selain itu NaCl jenis B cukup efektif untuk mematikan sumur. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya juga bisa dilakukan di perusahaan lain dengan melihat komposisi dari *kill fluid* nya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alabdullatif, Z., Al-yami, A., Wagle, V., Bubshait, A., Al-safran, A., & Aramco, S. (2014). *Development of New Kill Fluids with Minimum Sagging Problems for High Pressure Jilh Formation in Saudi Arabia*.
- Ananda, N. P., & Suranta, B. Y. (2021). Analisa Penanggulangan *Well Kick* Dengan Metode *Bullhead* Pada Sumur X Pt . Pertamina Ep Asset 4 Field Cepu. 1(November), 16–22.
- API Standard 53: *Blowout Prevention Equipment Systems for Drilling Wells*. American Petroleum Institute, 2018.
- Ariyon, M. (2013). Analisis Ekonomi Pemilihan Electric Submersible Pump Pada Beberapa Vendor. *Journal of Earth Energy Engineering*, 8-18.
- Ariyon, M. (2014). Pemilihan Pompa Electric Submersible Pump Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus Lapangan Zaryka). *Journal of Earth Energy Engineering*, 3(1), 9–18. <https://doi.org/10.22549/jeee.v3i1.936>
- Ariyon, M., Santika, B., & Fitrianti. *Economic Feasibility Analysis of Fishing Job Operation in Well YS13*. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 7(4).
- Bahadori, A. (2013). *Oil and Gas Safety Handbook*. Gulf Professional Publishing.
- Bureau, W., Water, D., & Section, E. H. (2005). *FLOWING WELL Michigan Department of Environmental Quality. March*.
- "Casing Data Sheet". Drilling Formulas.com. Desember 2014. Juli 2024. <https://www.drillingformulas.com>2014/12>Casing-Data-Sheet/>
- Chilingar, G. V., Endres, A. L., & Ayers, W. B. (2011). *Petroleum Production: A Comprehensive Guide to the Methods and Techniques*. Elsevier.
- Crumpton, H. (2020). *Well Control for Completions and Interventions*. Gulf Professional Publishing.

- Dan, E. E., Universitas, B., Aryawan, N. S., & Sedana, I. B. P. (2022). Comparison Of Operating Cost Performance Before And After. 11(12), 1463–1479.
- Economides, M. J., Hill, A. D., & Ehlig-Economides, C. (2012). *Petroleum Production Systems*. Prentice Hall.
- Edward, H., & Thompson, N. (2023). *Economic Consequences of Well Abandonment Failures*. Oil and Gas Journal, 121(2), 88-102
- Fajri, M. (2020). *Analisis Keberhasilan Stimulasi Asam Metode Bullhead Pada Area X Lapangan Heavy Oil Pt . Chevron Pacific Indonesia Universitas Islam Riau*.
- Giffari, F. (2014). Analisis Cost Benefit Pengembangan Cadangan Strategis Cost Benefit Analysis of Development Strategic Reserve
- Ginting, K. (n.d.). *Evaluasi Metode Wait And Weight Untuk Menanggulangi Permasalahan Kick Pada Sumur Del 0-1 Lapangan XY5*. 382–391.
- Grace, Robert D. (2003). *Blow Out and Well Control Handbook*. Gulf Professional Publishing. Paris.
- Hamdi, R. (2015). Evaluasi Waterflood Zona 560 dan Zona 660 Lapangan “X” Menggunakan OFM Pada Tahun 1984-2005.
- Hassler, G. (2019). *Drilling and Completion: A Guide to Well Control and Well Management*. Wiley.
- Hermadi, G. (2013). Analisa sistem nodal dalam metode articial lift. *Forum Teknologi*, 06(2), 1–8.
- Islamov, S., Bondarenko, A. V, & Podoprigora, D. (2019). *Complex Algorithm For Developing Effective Kill Fluids For Oil And Gas*. December 2021.
- Islamov, S. R., Bondarenko, A. V, Korobov, G. Y., & Podoprigora, D. G. (2019). *Complex Algorithm For Developing Effective Kill Fluids For Oil And Gas*. 10(01), 2697–2713.
- Jhonson, R.A. (2019). *Failures in Well Abandonment: Causes dan Mitigations*.

Journal of Petroleum Technology, 71(5), 112-119.

Jr, A. T. B., & Enterprises, B. (2003). *New Dynamic Kill Procedure for Off-Bottom Blowout Wells Considering Counter-Current Flow of Kill Fluid*.

Kastor, R.L., & Letbetter, S.C. (1974). Extra Increments of Procedure or Mud Weight Safety Factor Added During Well Killing Procedures Can Be Unsafe. Society of Petroleum Engineers.

Lake, L. W. (2006). *Petroleum Engineering Handbook*. Society of Petroleum Engineers.

Mardashov, D. V., Rogachev, M. K., Zeigman, Y. V., & Mukhametshin, V. V. (2021). Well killing technology before workover operation in complicated conditions. *Energies*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/en14030654>

Maret, V. N., Ariyon, M., Putra, D. F., & Putri, C. A. (2022). *Analisis keekonomian Injeksi Surfactant Huff and Puff di Lapangan Dandelion menggunakan kontrak Gross Split*. 5(1), 11–14.

Martyushev, D. A., & Kumar, S. (2021). Journal of King Saud University – Engineering Sciences Development and study of a visco-elastic gel with controlled destruction times for killing oil wells. *Journal of King Saud University-EngineeringSciences*,xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2021.06.007>

Maulana, R., Perminyakan, J. T., Kebumian, T., & Energi, D. (2015). Evaluasi, Optimasi, Dan Keekonomian Electric Submersible Pump (Esp) Untuk Sumur Ra Dan Dr Di Lapangan Z Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 468–471.

Miskimins, J. L., & Miska, S. D. (2018). *Applied Drilling Engineering*. Society of Petroleum Engineers.

Moss, C., et al. (2020). *Advanced Drilling Engineering: Principles and Practice*. Society of Petroleum Engineers.

Nasution, M. M., & Soesanto, E. (2022). *Dry Lab – Laboratorium Virtual Untuk*

Anlisa Rekayasa Lumpur Pemboran. 1(Juli), 1–7.

Pamungkas, P. D. (2018) Optimasi Kondisi Operasi Pada *Water Flooding Enhanced Oil Recovery* Institut Teknologi Sepuluh November.

Pembangunan, U., Veteran, N., Kodong, F. R., Sofyan, H., & Prapcoyo, H. (2020). *Implementasi Aplikasi Android-Based Untuk Penanggulangan Well Kick Pada Pemboran. 2020*(Semnasif), 281–290.

Pusputasari, D., A. (2022). Analisis Kerusakan Formasi dan Peforma Sumur Injeksi Pada Kegiatan *Waterflooding* Menggunakan Metode Hall Plot Universitas Islam Riau.

Prastio, E., & Agusman, A. R. (2020). *Optimasi Laju Produksi dengan Cara Desain Ulang Progressive Cavity Pump (PCP) p ada Sumur “ X ” Lapangan “ Y.”* 3(2), 59–66.

Samuel, J., & Miska, P. (2015). *Advanced Drilling Engineering*. Elsevier.

Smith, J., & Lee, H. (2019). *Effective Sealing Techniques in Well Abandonment Using NaCl Solutions*. *Journal of Petroleum Engineering*, 74(2), 145-160

Sofyan, H., Kodong, F. R., & Zulpi, M. F. (2014). *Aplikasi Berbasis Android Pemilihan Metode Penanggulangan Well Kick. 2014*(semnasIF), 214–223.

Sugihardjo, U., Sismartono, D., Lubad, A. M., Hedriana, O., & Sugiyanto, A. (2017). Techno-economic evaluation of carbon capture storage ready for coal-based power generation in Indonesia. *Society of Petroleum Engineers - SPE/IATMI Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition 2017, 2017-Janua*, 1–15. <https://doi.org/10.2118/187004-ms>

Suranta, B. Y., Isnafani, M. R., & Sofyan, A. (2021). *Evaluasi Killing Well Dengan Menggunakan Bullhead Method Pada Sumur GM – 01. 1*(38), 161–168.

Trimadona, T., & Hendra Budiman. (2023). Optimization of Production on Well-11 With Pump Setting Depth Variation in Electrical Submersible Pump (Esp) Method At K-U Field. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(5), 1987–1994.

<https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i5.4630>

Tungkagi, H., Saragih, J. D., Dwi, R., Lubis, P., & Syamil, A. (2021). A Feasibility Study of SCADA Implementation at an Indonesian Oil Company. *7*(2), 199–209.

Zuldiyan, T. R., & Wahyuni, M. G. S. (2018). *Squeeze Cementing Dengan Menggunakan*. *VII*(1), 32–36.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau