

IMPLEMENTASI *ENGINEER'S-METHOD* DENGAN MENJAGA BHP KONSTAN MENGGUNAKAN KONSEP HOMOGENITAS DALAM PENANGGULANGAN *KICK*

Sultan Rafly Arya Putra¹, Bambang Yudho Suranta^{1*}, Edonva Prianaival Andamel¹

¹Teknik Produksi Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada no.38, Blora, 58312

**E-mail: yudhosuranta@gmail.com*

ABSTRAK

Pengendalian tekanan selama pengeboran sangat penting untuk mencegah terjadinya *kick* yang dapat menyebabkan *blowout* dan gangguan keselamatan operasi. Salah satu metode efektif untuk mengatasi kondisi tersebut adalah *Engineer's Method*, yaitu teknik *well killing* dengan satu kali sirkulasi menggunakan *kill mud weight* (KMW) menjaga kestabilan tekanan dasar sumur (*bottom-hole pressure*, BHP). Penelitian ini menganalisis pengaruh homogenitas fluida terhadap kestabilan tekanan selama penerapan metode ini dengan pendekatan analogi sistem pipa U. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tekanan menurun secara bertahap dari *Initial Circulating Pressure* (ICP) sebesar 1.134 psi hingga stabil di *Final Circulating Pressure* (FCP) sebesar 422 psi, yang menandakan bahwa KMW telah sepenuhnya menggantikan fluida lama dan sistem berada dalam kondisi seimbang. Fluida yang homogen menghasilkan gradien tekanan hidrostatik yang konstan, menjaga fluida yang homogen sama dengan menjaga BHP tetap stabil. Dengan demikian, penerapan *Engineer's Method* terbukti efektif dalam menjaga kestabilan tekanan yang homogen, mengoptimalkan proses pengeluaran fluida formasi, serta memastikan operasi *well control* berlangsung aman dan efisien.

Kata kunci: *Engineer's Method*, *kill mud weight*, *bottom-hole pressure*, homogenitas fluida, *well control*

1. PENDAHULUAN

Kegiatan pengeboran minyak dan gas bumi memiliki tingkat risiko tinggi terhadap munculnya *kick*, yaitu peristiwa masuknya fluida formasi ke dalam lubang bor akibat ketidakseimbangan tekanan antara kolom lumpur pengeboran dan tekanan formasi [1][2]. Jika kondisi ini tidak segera dikendalikan dengan prosedur yang tepat, maka dapat berkembang menjadi *blowout*, yang berpotensi menimbulkan kerugian besar terhadap aspek keselamatan kerja, ekonomi, maupun lingkungan. Oleh karena itu, pengendalian tekanan bawah permukaan menjadi faktor mendasar dalam memastikan keamanan operasi pengeboran modern. Seiring dengan perkembangan teknologi *well control*, pemahaman terhadap perilaku fluida di dalam sistem sumur menjadi kunci utama dalam mencegah kegagalan pengendalian tekanan.

Salah satu metode yang umum diterapkan dalam penanggulangan *kick* adalah *Engineer's Method*, yaitu prosedur *well killing* dengan satu kali sirkulasi yang bertujuan untuk mengalirkan fluida formasi keluar dari lubang bor sambil mempertahankan tekanan dasar sumur (*Bottom Hole Pressure*, BHP) tetap konstan [3][4]. Prinsip utama dari metode ini adalah menjaga keseimbangan antara tekanan hidrostatik kolom lumpur dengan tekanan formasi melalui pengaturan tekanan di *drillpipe* dan *choke manifold* di permukaan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa parameter operasi seperti *kill rate pressure* dan densitas lumpur pembunuh (*killing mud density*) sangat mempengaruhi kestabilan BHP selama proses *well killing*.

berlangsung [5]. Selain itu, penelitian terkini juga menunjukkan bahwa efisiensi metode satu kali sirkulasi dapat ditingkatkan dengan pemodelan dinamis tekanan selama proses *well killing*, sehingga kestabilan tekanan lebih mudah dikontrol dan risiko *secondary influx* dapat diminimalkan [9][10].

Keberhasilan *Engineer's Method* sangat bergantung pada tingkat homogenitas fluida di dalam sumur, yaitu keseragaman distribusi tekanan dan densitas fluida di sepanjang *wellbore* [6][7]. Kondisi homogen memungkinkan tekanan hidrostatik bekerja seragam di seluruh kolom fluida, sehingga BHP dapat dipertahankan secara stabil tanpa menimbulkan fluktuasi tekanan yang ekstrem. Sebaliknya, kondisi yang tidak homogen akan menimbulkan perbedaan gradien densitas antar zona, yang dapat menyebabkan redistribusi tekanan, peningkatan beban pada *choke manifold*, hingga potensi terjadinya *secondary kick* [7]. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai fenomena homogenitas fluida sumur sangat penting untuk meningkatkan efektivitas *well killing* menggunakan metode ini. Penelitian simulasi numerik terbaru juga menunjukkan bahwa distribusi densitas fluida yang tidak homogen sepanjang kolom lumpur dapat menimbulkan ketidakseimbangan tekanan lokal selama operasi *kick control*, sehingga kestabilan tekanan bawah sumur sangat bergantung pada homogenitas kolom fluida [11].

Penelitian-penelitian terkini menegaskan pentingnya homogenitas fluida dalam menjaga kestabilan tekanan selama operasi *well control*. Variasi densitas akibat invasi gas ke dalam kolom lumpur dapat menyebabkan penurunan *bottom-hole pressure* secara signifikan sebelum sistem mencapai keseimbangan baru [6]. Distribusi tekanan yang seragam di sepanjang kolom fluida bertekanan tinggi terbukti meningkatkan stabilitas operasional dan mengurangi risiko anomali tekanan selama proses sirkulasi [6][7][10]. Selain itu, fluida yang homogen sepanjang kolom sumur juga mempercepat stabilisasi tekanan di permukaan serta mengurangi durasi pengendalian *kick* [8]. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif peran homogenitas fluida sumur terhadap kestabilan tekanan selama proses *well killing* menggunakan *Engineer's Method*, serta menjelaskan mekanisme fisis yang menjadikan kondisi homogen lebih efektif dalam menjaga kestabilan tekanan dibanding kondisi tidak homogen.

Dalam proses *well killing* pada tahap *Surface to Bit* (STB), kondisi kolom fluida belum sepenuhnya homogen, sehingga kolom di dalam *drillstring* dianggap sebagai bagian yang paling mendekati kondisi homogen. Pemantauan kestabilan tekanan dilakukan dengan bantuan grafik hubungan antara jumlah stroke dan tekanan sirkulasi yang terdapat pada *killsheet*. Melalui grafik tersebut, tahap STB dapat dikontrol dengan lebih mudah karena jumlah volume *kill mud weight* (KMW) yang disirkulasikan ke dalam *drillstring* dapat dihitung secara terukur, sehingga perubahan tekanan bawah permukaan dapat diprediksi dan dijaga tetap konstan [4][6].

Tujuan Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara menyeluruh pengaruh homogenitas fluida terhadap kestabilan tekanan selama penerapan *Engineer's Method*, khususnya pada tahap STB dan BTS, berfokus pada pengendalian tekanan hidrostatik, stabilitas BHP, serta hubungan antara distribusi densitas fluida dan efektivitas proses *well control*.

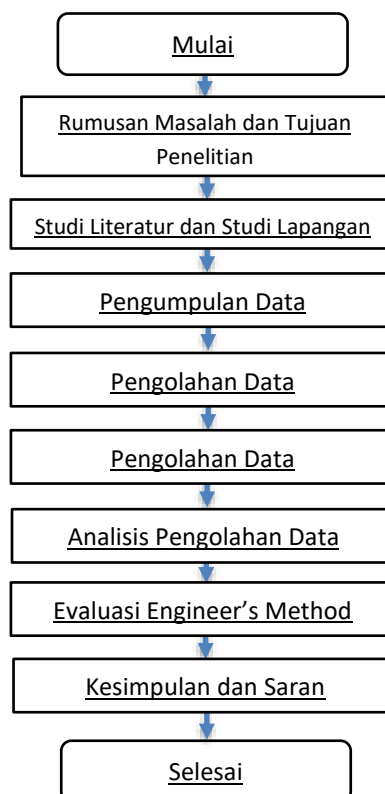
2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan analitis-konseptual yang didasarkan pada prinsip dasar *Engineer's Method* untuk mengkaji pengaruh homogenitas fluida terhadap kestabilan tekanan selama proses *well killing*. Pendekatan ini difokuskan pada analisis keterkaitan antara distribusi densitas lumpur dan kestabilan tekanan dasar sumur (*bottom-hole pressure*, BHP) melalui analogi sistem fluida tertutup berbentuk pipa U, yang digunakan sebagai penyederhanaan perilaku kolom lumpur di dalam sumur. Model analogi ini dipilih karena dapat

merepresentasikan keseimbangan tekanan antara dua kolom fluida yang saling berinteraksi, di mana perubahan densitas atau tinggi kolom fluida pada salah satu sisi akan secara langsung memengaruhi tekanan total sistem. Dengan pendekatan tersebut, pengaruh variasi densitas terhadap fluktuasi tekanan dapat dianalisis secara konseptual tanpa memerlukan data lapangan secara langsung [3][4].

Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur yang mencakup teori dasar tentang fenomena *kick*, prinsip keseimbangan tekanan hidrostatik, serta mekanisme sirkulasi tunggal pada *Engineer's Method*, di mana lumpur pembunuh (*kill mud weight*) langsung dipompakan ke dalam sumur untuk menyeimbangkan tekanan formasi sejak awal sirkulasi. Literatur yang digunakan mencakup hasil penelitian modern, publikasi teknik, serta standar operasi pengendalian tekanan (*well control*) yang relevan. Setelah itu dilakukan analisis konseptual, di mana sistem sumur dimodelkan menyerupai pipa U berisi fluida dalam dua kondisi: fluida homogen (densitas seragam) dan fluida tidak homogen (densitas berbeda antara dua sisi kolom fluida). Melalui pendekatan ini dapat dipelajari bagaimana perubahan densitas kecil pada salah satu sisi kolom menyebabkan ketidakseimbangan tekanan, memicu aliran kompensasi, dan berpotensi menyebabkan fluktuasi BHP selama sirkulasi *kill mud* [5][6].

Tahap akhir penelitian berupa analisis hasil dan interpretasi fenomena. Hasil perbandingan kedua kondisi fluida pada model analogi digunakan sebagai dasar untuk menjelaskan fenomena nyata pada operasi *Engineer's Method*, yang dilakukan hanya dengan satu kali sirkulasi menggunakan *kill mud weight* untuk mengalirkan fluida formasi keluar dari lubang bor sambil menjaga BHP tetap konstan. Model pipa U dalam penelitian ini berfungsi sebagai representasi konseptual dari sistem dua kolom fluida (*drillpipe-annulus*) yang saling berinteraksi secara hidrolik, sebagaimana dijelaskan dalam studi simulasi [4][6]. Analisis dilakukan secara kualitatif untuk meninjau arah perubahan tekanan dan efek homogenitas fluida terhadap kestabilan sistem. Hasil interpretasi kemudian dibandingkan dengan teori dan hasil penelitian terdahulu dalam *well control* untuk memvalidasi kesimpulan konseptual yang diperoleh.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. PEMBAHASAN

Analisis ini dilakukan untuk menilai pengaruh homogenitas fluida terhadap kestabilan tekanan selama proses *well killing* dengan menggunakan *Engineer's Method*, yaitu metode sirkulasi tunggal yang langsung memanfaatkan *kill mud weight* (KMW) sejak awal proses pengendalian tekanan. Tujuan utama analisis ini adalah memahami bagaimana variasi densitas fluida memengaruhi keseimbangan tekanan hidrostatik dan stabilitas bottom-hole pressure (BHP) selama sirkulasi berlangsung.

Simulasi dilakukan dengan menggunakan pendekatan model analogi pipa U, yang berfungsi untuk menggambarkan sistem dua kolom fluida (*drillpipe* dan *annulus*) di dalam sumur. Dalam model ini, terdapat dua kondisi utama yang dianalisis, yaitu fluida homogen dengan densitas seragam di sepanjang kolom, serta fluida tidak homogen dengan perbedaan densitas antara sisi kolom fluida. Model pipa U dipilih karena secara konseptual mampu merepresentasikan interaksi tekanan antara dua kolom fluida tertutup, di mana setiap perubahan densitas pada satu sisi akan secara langsung memengaruhi tekanan total sistem.

Sebelum tahap *well killing* dimulai, dilakukan proses *shut-in* untuk menghentikan aliran fluida formasi ke dalam lubang bor dan menstabilkan tekanan sumur. Tekanan permukaan kemudian diukur untuk menentukan nilai *Shut-In Drillpipe Pressure* (SIDP) sebesar 750 psig dan *Shut-In Casing Pressure* (SICP) sebesar 960 psig. Perbedaan antara keduanya menunjukkan adanya *influx* gas pada sisi *annulus*, yang menyebabkan tekanan *casing* lebih tinggi dibandingkan tekanan pada *drillstring*. Kondisi ini menjadi indikasi awal adanya ketidakseimbangan antara tekanan kolom lumpur dan tekanan formasi.

Nilai tekanan hasil pengukuran *shut-in* tersebut digunakan sebagai acuan awal (*baseline*) untuk menghitung tekanan hidrostatik awal sistem sebelum sirkulasi *kill mud* dilakukan. Dengan lumpur awal (*Original Mud Weight* / OMW) sebesar 9,6 ppg dan kedalaman vertikal sejati (TVD = 10.000 ft). Perhitungan ini dilakukan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} Ph &= 0,052 \times MW \times TVD \\ Ph &= 0,052 \times 9,6 \times 10.000 \\ Ph &= 4.992 \text{ psi} \end{aligned} \tag{1}$$

Sehingga *bottom-hole pressure* (BHP) awal dapat ditentukan:

$$\begin{aligned} BHP &= Ph + SIDP \\ BHP &= 4.992 + 750 \\ BHP &= 5.742 \text{ psi} \end{aligned} \tag{2}$$

Menghitung *kill mud weight* (KMW):

$$\begin{aligned} KMW &= \frac{SIDP}{(0,052 \times TVD)} + OMW \\ KMW &= \frac{750}{(0,052 \times 10.000)} + 9,6 \\ KMW &= 11,04 \text{ ppg} \end{aligned} \tag{3}$$

Tekanan awal sirkulasi (ICP) dapat dinyatakan dengan formula sebagai berikut:

$$\begin{aligned} ICP &= KRP + SIDP \\ ICP &= 384 + 750 \end{aligned} \tag{4}$$

$$ICP = 1.134 \text{ psi}$$

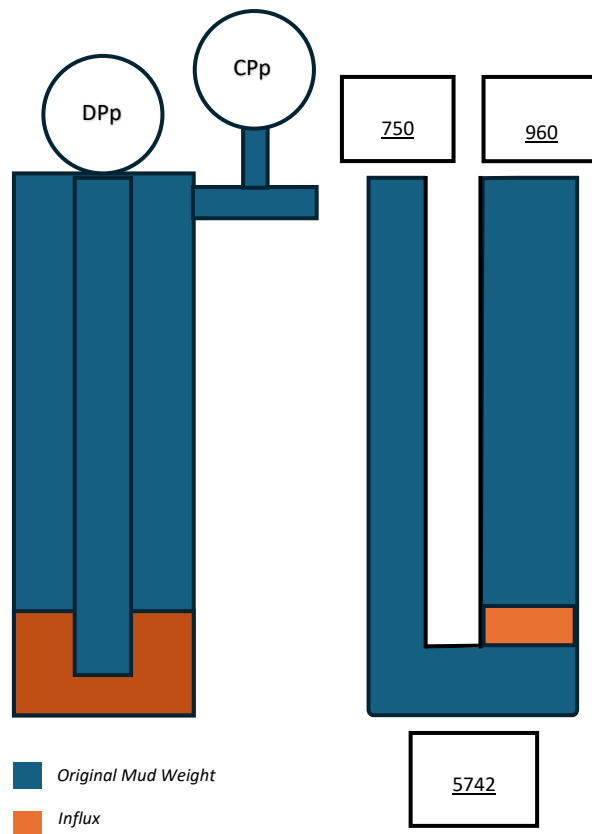
Tekanan akhir sirkulasi (FCP):

$$FCP = \frac{(KRP \times KMW)}{OMW} \quad (5)$$

$$FCP = \frac{(384 \times 11,04)}{9,6}$$

$$FCP = 442 \text{ psi}$$

Nilai tekanan dasar sumur (BHP) sebesar 5.742 psi digunakan sebagai patokan kestabilan tekanan bawah permukaan yang harus dipertahankan selama proses *well killing* berlangsung. Pada kondisi ini, kolom lumpur diasumsikan sebagai sistem fluida tertutup yang berada dalam keadaan seimbang. Selama tekanan permukaan dikendalikan secara konstan dan densitas lumpur tetap seragam, tekanan di dasar sumur akan cenderung stabil tanpa mengalami perubahan. Sebaliknya, jika terjadi variasi densitas akibat masuknya gas atau campuran fluida lain ke dalam kolom lumpur, keseimbangan tersebut dapat terganggu sehingga menimbulkan fluktuasi tekanan di sepanjang kolom sumur.



Gambar 2. Tahap Awal (*Shut-In Condition*)

Pada Gambar 2, setelah kondisi tekanan awal diketahui dari hasil shut-in, tahap berikutnya adalah proses sirkulasi tunggal menggunakan *kill mud weight* (KMW) sebagaimana diterapkan pada *Engineer's Method*. Tujuan utama tahap ini adalah mengeluarkan fluida formasi (*influx*) yang telah masuk ke dalam lubang bor dengan cara menjaga tekanan dasar sumur (BHP) agar

tetap konstan selama proses berlangsung. Tidak seperti *Driller's Method* yang menggunakan dua kali sirkulasi dengan lumpur lama dan baru secara bertahap, *Engineer's Method* langsung memompakan KMW sejak awal sehingga proses menjadi lebih efisien dan menekan risiko kenaikan tekanan berlebihan di dasar sumur.

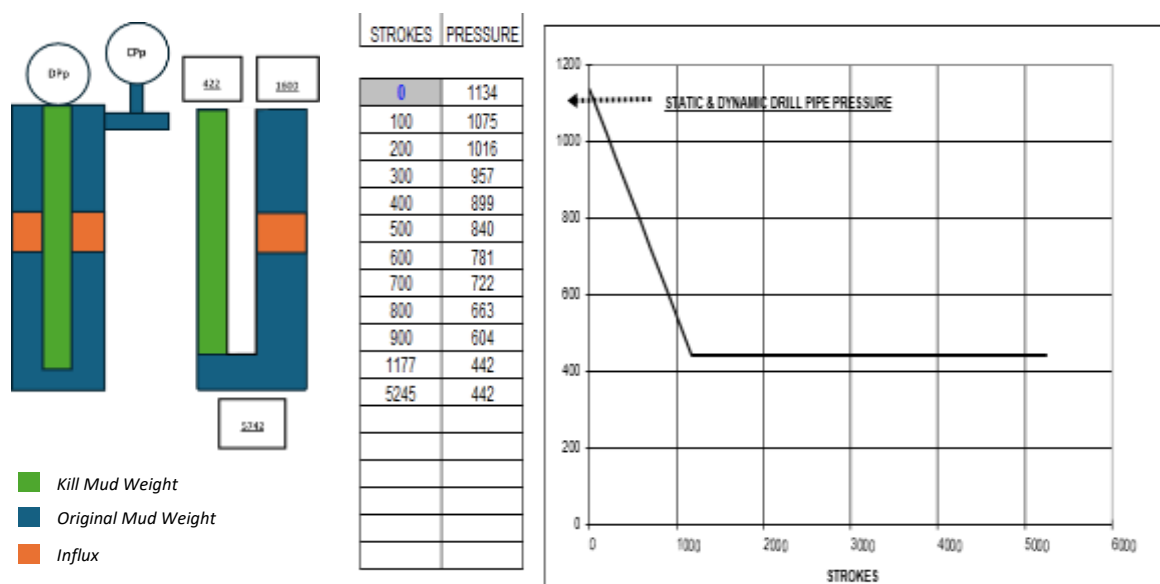
Secara konseptual, mekanisme pergerakan fluida pada tahap ini dapat digambarkan melalui analogi sistem pipa U, di mana kolom fluida di sisi *drillpipe* berperan sebagai jalur masuk lumpur pembunuh yang mendorong fluida formasi ke atas melalui sisi *annulus*. Selama proses ini, tekanan antara kedua sisi sistem dijaga agar tetap seimbang sehingga BHP konstan pada kisaran 5.742 psi. Tekanan di permukaan dikontrol melalui *choke manifold* dengan penyesuaian bertahap terhadap laju pompa, sehingga perubahan tekanan tidak menimbulkan ketidakseimbangan yang dapat menyebabkan *lost circulation* atau *secondary kick*.

Dalam menjaga kestabilan tekanan, hubungan antara tekanan hidrostatik (P_h), tekanan gesek di *annulus* (P_a), dan tekanan permukaan pada *drillpipe* (SIDP) dihitung secara simultan. Secara umum, total tekanan dasar sumur dapat dinyatakan dengan:

$$BHP = P_h + P_a + SIDP \quad (6)$$

Dengan $P_h = 0.052 \times MW \times TVD = 4,992$ psi. Pada penelitian ini, nilai MW merepresentasikan *kill mud weight* yang digunakan secara langsung selama sirkulasi tunggal. Tekanan gesek di *annulus* (P_a) dijaga tetap kecil agar tekanan total mendekati nilai BHP = 5.742 psi. Kondisi ini memastikan bahwa tekanan dasar sumur tetap stabil sepanjang proses sirkulasi dan fluida formasi dapat dikeluarkan dengan aman tanpa menimbulkan gangguan keseimbangan tekanan.

Hasil simulasi mendukung bahwa penggunaan *Engineer's Method* menghasilkan pola tekanan yang lebih halus dibandingkan dengan metode dua sirkulasi. Kestabilan ini diperoleh karena KMW langsung menyeimbangkan tekanan formasi sejak awal, sehingga distribusi tekanan sepanjang kolom fluida menjadi lebih seragam dan risiko tekanan berlebihan dapat diminimalkan [4][6].

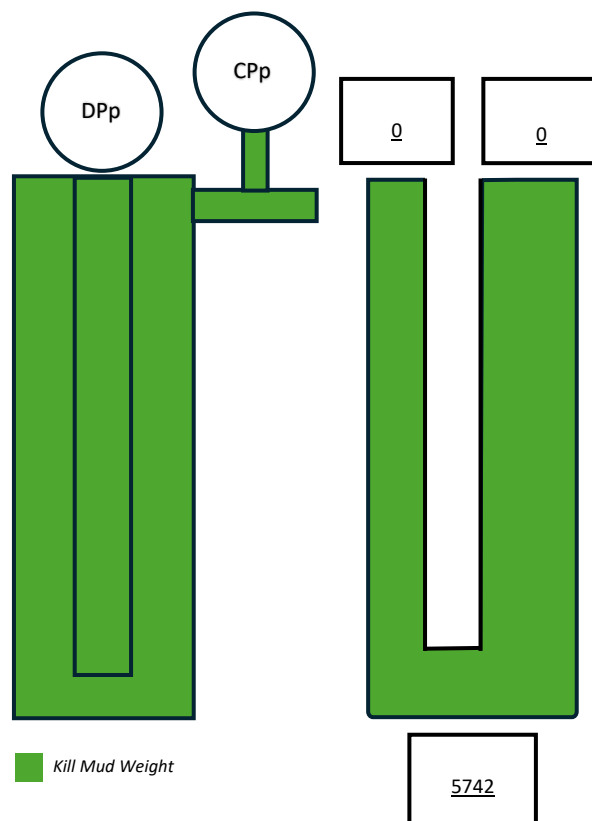


Gambar 3. Tahap Sirkulasi KMW (*Circulation*)

Pada Gambar 3 ini menggambarkan hubungan antara tekanan sirkulasi pada *drillstring* dengan jumlah stroke pompa selama penerapan *Engineer's Method*. Kurva tersebut menunjukkan pola penurunan tekanan dari kondisi awal sirkulasi atau *Initial Circulating Pressure* (ICP) hingga mencapai kondisi stabil di *Final Circulating Pressure* (FCP)

Pada tahap awal, tekanan tercatat ICP sebesar 1.134 psi, mewakili kondisi ketika *kill mud weight* (KMW) pertama kali dipompakan ke dalam *drillstring*. Nilai ini mencerminkan gabungan antara tekanan hidrostatik lumpur pembunuh dan gaya gesek fluida di sepanjang pipa. Seiring bertambahnya jumlah stroke, KMW secara bertahap menggantikan lumpur lama, menyebabkan penurunan tekanan permukaan yang terukur.

Selama proses ini, *choke manifold* dikendalikan secara bertahap setiap 100 stroke untuk mempertahankan kestabilan tekanan bawah sumur (*bottom-hole pressure*, BHP). Tekanan menurun secara berurutan dari 1.134 psi hingga 422 psi, dengan perubahan tekanan terukur di setiap pembukaan *choke*. Penurunan ini berlangsung hingga stroke ke-1.177, di mana sistem mencapai tekanan stabil sebesar 422 psi (FCP) yang menandakan *kill mud weight* (KMW) telah mencapai *bit*. Setelah titik tersebut, tekanan dipertahankan konstan hingga akhir sirkulasi (stroke ke-5.245), yang menandakan bahwa KMW telah berhasil disirkulasikan mencapai permukaan dan seluruh kolom fluida lama telah tergantikan serta kick berhasil dikeluarkan melalui *annulus*.



Gambar 4. Kondisi akhir *well killing*

Pada Gambar 4 ini menjelaskan saat jumlah stroke mencapai 5.245, proses sirkulasi menunjukkan bahwa *kill mud weight* (KMW) telah sepenuhnya bergerak dari permukaan hingga ke dasar sumur dan kembali naik melalui annulus, menandakan bahwa *kill mud weight* (KMW) berhasil mencapai permukaan serta mengeluarkan seluruh fluida formasi (*kick*) dari sistem. Kondisi ini mencerminkan keberhasilan *Engineer's Method* dalam menjaga tekanan dasar sumur (*bottom-hole pressure*, BHP) tetap konstan selama satu kali sirkulasi penuh.

Setelah kedua kolom fluida pada *drillstring* maupun *annulus* terisi secara merata oleh KMW yang homogen, dilakukan penghentian pompa sementara (*pump shut-in*) untuk memastikan kestabilan sistem. Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah terdapat tanda-tanda *secondary kick*, yaitu aliran fluida formasi yang kembali masuk ke dalam lubang bor akibat ketidakseimbangan tekanan.

Apabila selama pengamatan tidak ditemukan perubahan tekanan pada *drillpipe pressure* maupun *casing pressure*, maka sistem dianggap telah stabil sepenuhnya dan proses *well killing* dinyatakan selesai. Namun, jika muncul indikasi kenaikan tekanan setelah pompa dimatikan, hal tersebut menunjukkan adanya *secondary kick* dari formasi. Dalam kondisi demikian, pompa harus segera dioperasikan kembali untuk memulai sirkulasi lanjutan menggunakan KMW dengan berat yang sedikit lebih tinggi. Tujuannya adalah untuk mengembalikan keseimbangan tekanan hidrostatik dan memastikan agar fluida formasi tidak lagi mengalir ke dalam lubang bor, sekaligus mempertahankan homogenitas fluida di sepanjang kolom sumur.

Setelah seluruh proses *well killing* selesai dilakukan menggunakan *Engineer's Method*, kolom fluida di dalam sumur berada pada kondisi seimbang secara hidrodinamis. Analisis homogenitas fluida menjadi aspek utama untuk menjelaskan kestabilan sistem setelah tahap sirkulasi tunggal selesai.

Sebaliknya, ketidakseragaman fluida misalnya akibat tercampurnya sebagian lumpur lama dengan KMW atau adanya sisa gas di kolom dapat menyebabkan ketidakseimbangan tekanan di sepanjang lubang bor. Kondisi ini dapat menimbulkan fluktuasi tekanan yang tidak stabil, sehingga meningkatkan kemungkinan *secondary kick*, terutama bila densitas fluida di bagian atas kolom lebih rendah dibandingkan bagian bawah. Oleh karena itu, pencapaian kondisi fluida yang homogen selama dan setelah proses sirkulasi merupakan salah satu tolak ukur penting keberhasilan metode ini dalam menjaga kestabilan tekanan bawah sumur.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa homogenitas fluida memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan tekanan selama penerapan *Engineer's Method*. Densitas yang seragam di seluruh kolom tidak hanya menjaga tekanan hidrostatik tetap konstan, tetapi juga mencegah aliran balik fluida formasi ke dalam lubang bor, sehingga memastikan sistem tetap stabil dan aman setelah operasi *well killing* selesai [4][6].

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, *Engineer's Method* terbukti menjadi metode *well killing* yang lebih efisien dibandingkan teknik dua kali sirkulasi karena hanya memerlukan satu kali sirkulasi menggunakan *kill mud weight* (KMW) untuk menjaga tekanan hidrostatik dan menstabilkan *bottom-hole pressure* (BHP). Proses penurunan tekanan dari *Initial Circulating Pressure* (ICP) ke *Final Circulating Pressure* (FCP) menunjukkan pengendalian tekanan yang terukur, dengan tekanan stabil di 422 psi sebagai indikasi bahwa KMW telah mencapai dasar sumur dan menggantikan seluruh kolom fluida lama. Keberhasilan metode ini sangat dipengaruhi oleh dua fase utama, yaitu *Surface to Bit* (STB) dan *Bit to Surface* (BTS). Pada tahap STB, KMW dipompakan langsung dari permukaan melalui *drillstring* menuju *bit* dengan mempertahankan BHP konstan yang dikontrol melalui tekanan pada *drillpipe*. Grafik pada *killsheet* membantu memantau proses homogenisasi kolom *drillstring*, di mana hubungan antara jumlah *stroke* dan

tekanan sirkulasi menggambarkan perkembangan tahap STB. Setiap penurunan tekanan menandakan semakin banyak volume KMW yang telah menggantikan lumpur lama hingga mencapai dasar sumur.

Setelah KMW sampai di *bit*, tahap BTS dimulai, di mana lumpur berat yang telah homogen di *drillstring* mulai mendorong fluida formasi (*influx*) ke atas melalui *annulus* hingga keluar di permukaan. Pada tahap ini, tekanan pada *drillpipe* dijaga tetap setara dengan nilai FCP untuk memastikan BHP tetap konstan selama sirkulasi berlangsung. Homogenitas fluida dalam *annulus* menjadi faktor penting karena memastikan distribusi tekanan vertikal tetap stabil, sehingga risiko *secondary kick* dapat dihindari. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa penerapan *Engineer's Method* dengan pengaturan choke bertahap dan pengendalian fluida homogen mampu menjaga kestabilan BHP, mengoptimalkan keseimbangan hidro-dinamis sumur, serta memastikan keberhasilan proses *well control* berlangsung aman dan efisien.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. O. A. Babiker, K. M. A. Ali, M. A. M. Yassin, and M. K. A. Abdulrhman, "Comparison between Wait & Weight and Engineer's well-control methods in drilling an open hole FNE-D1 (Block 6) Sudan," Sudan Univ. of Science and Technology, College of Petroleum and Mining Engineering, Dept. of Petroleum Engineering, 2020
- [2] B. Y. Suranta, E. Untoro, and Suparno, "Simulasi pemilihan metoda killing well sumur penelitian agar diperoleh metoda yang tepat menggunakan drilling simulator DPWS 22 SP," Sekolah Tinggi Energi dan Mineral (STEM) Akamigas, 2014.
- [3] A. O. Hutabalian, "Efisiensi perbandingan Engineer's Method dengan Wait and Weight Method pada Sumur X dalam penanggulangan kick," Undergraduate Thesis, Univ. Islam Riau, 2022.
- [4] J. Feng, J. Fu, P. Chen, J. Luo, and B. Kou, "Comparisons of the Engineer's Method and the Wait and Weight Method in deepwater well killing operation," Arab. J. Sci. Eng., 2016, doi: 10.1007/s13369-016-2105-7.
- [5] A. K. Darwesh, T. M. Rasmussen, and N. Al-Ansari, "Kicks controlling techniques efficiency in term of time," Engineering, vol. 9, no. 5, pp. 482–492, 2017, doi: 10.4236/eng.2017.95028.
- [6] T. K. Holta, M. Torsæter, and A. Saasen, "Dynamic hydraulic simulation of the Engineer's Method and Wait-and-Weight Method for kick circulation during oil well control operations," J. Petroleum Exploration and Production Technology, vol. 10, no. 12, pp. 4973–4985, 2020, doi: 10.1007/s13202-020-01036-5.
- [7] O. O. Osarogiagbon, O. D. Orodu, and A. P. Aizebeokhai, "A comparative analysis of Engineer's and Wait and Weight methods in well control operations," Int. J. Applied Engineering Research, vol. 15, no. 5, pp. 495–503, 2020.
- [8] Z. Yuan, D. Morrell, A. G. Mayans, Y. H. Adariani, and M. Bogan, "Differentiate drilling fluid thermal expansion, wellbore ballooning and real kick during flow check with an innovative combination of transient simulation and pumps-off annular pressure while drilling," in Proc. IADC/SPE Drilling Conf. and Exhibition, Fort Worth, TX, USA, Mar. 1–3, 2016, Paper No. IADC/SPE-178835-MS, doi: 10.2118/178835-MS.
- [9] "Well Kill Using Wait and Weight Method (Balanced Method)," DrillingForGas.com, 2021. [Online]. Available: <https://drillingforgas.com/en/well-control/secondary-control/well-kill-using-wait-and-weight-method-balanced-method>. [Accessed: Oct. 28, 2025].
- [10] J. Liu, L. Zhang, and Q. Wang, "A new approach to analyzing wellbore pressure dynamically in well-killing," Frontiers in Earth Science, vol. 11, 2023, doi: 10.3389/feart.2023.1058391.
- [11] M. F. Al-Ahmadi, H. A. Nasr-El-Din, and A. M. Al-Yami, "Numerical modeling of dynamic mud density distribution during kick control operations," Journal of Petroleum Science and Engineering, vol. 208, pp. 109–271, 2022, doi: 10.1016/j.petrol.2021.109271.

Daftar Simbol

<i>Ph</i>	=	Tekanan Hidrostatik, psi
<i>BHP</i>	=	Bottom Hole Pressure, psi
<i>KMW</i>	=	Kill Mud Weight, ppg
<i>OMW</i>	=	Original Mud Weight, ppg
<i>MW</i>	=	Mud Weight, ppg