

DOI: doi.org/10.21009/0305020405

## ANALISIS PARAMETER FISIKA TERHADAP PENGENDALIAN TEKANAN LUMPUR PENGEBORAN STUDI KASUS: PREVENSI *KICK* DAN *BLOWOUT*

Wenny Wahyuni<sup>1,a)</sup>, Lilik Hendrajaya<sup>2,b)</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Magister Fisika FMIPA Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesa No 10, Bandung 40132

Email: <sup>a)</sup>wenny.wahyuni.zahda@gmail.com, <sup>b)</sup>lilik.hendrajaya@gmail.com

### Abstrak

Dalam pemboran penggunaan lumpur pemboran, jenis bor, *casing* dan *cementing* merupakan suatu hal yang harus diperhatikan. Lumpur pemboran yang diinjeksikan ke dalam pipa bor harus disesuaikan dengan keadaan formasi batuan yang ada di bawah permukaan tanah, dimana tekanan lumpur pemboran (tekanan hidrostatik) harus lebih besar dibandingkan tekanan dari fluida formasi. Tekanan hidrostatik berhubungan dengan berat jenis lumpur, hal ini dapat dianalisa menggunakan persamaan hidrostatik. Jika kontrol tekanan hidrostatik di *annulus* tidak dapat dijaga dengan baik dan tekanan formasi melebihi tekanan lumpur pemboran, hal ini ditunjukkan dengan perbedaan nilai tekanan lumpur yang diinjeksikan dan yang keluar melewati *annulus* tidak sama dengan nol ( $P \neq 0$ ) maka fluida formasi akan naik ke permukaan. Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan aliran fluida formasi dalam pemboran terjadi pada kedalaman 565, 577 dan 797 ft yang disebabkan karena adanya sirkulasi lumpur yang hilang, aliran fluida formasi tersebut ditakan sebagai *kick*, jika *kick* ini tidak dapat diatasi maka akan mengakibatkan semburan liar (*blowout*).

**Kata-kata kunci:** *Kick, kehilangan sirkulasi, tekanan hidrostatik, tekanan pori.*

### Abstract

In the drilling proses mud drilling in use, type of drill bit, casing and cementing is a matter that must be considered. Mud drilling injected into the drill pipe must be adapted to conditions existing rock formations below ground level, where the pressure of the mud drilling (hydrostatic pressure) must be greater than the formation pressure. Hydrostatic pressure associated with a mud weight, it can be analyzed using hydrostatic equation. If the control hydrostatic pressure in the annulus can not be maintained properly and the formation pressure exceeds the pressure of the drilling mud, as shown by the difference in pressure value mud injected and were out past the annulus is not equal to zero ( $P \neq 0$ ) then the formation fluid will rise to the surface. According to research that has been carried, the flow of formation fluid in the drilling of occurred at depths of 565, 577 and 797 ft caused due to loss circulation of mud, the flow of formation fluids regarded as a *kick*, if the *kick* can not be resolved then it will result in *blowout*.

**Keywords:** *Kick, loss circulation, hidrostatik pressure, pore pressures.*

## 1. Pendahuluan

Pemboran merupakan suatu kegiatan membuat lubang di bawah permukaan bumi dengan menggunakan bit dan seperangkat alat pemboran yang disebut dengan RIG [1], bit dan RIG yang digunakan disesuaikan dengan kondisi formasi daerah sumur yang akan dibor. Variabel yang menjadi perhatian dalam pemboran salah satunya adalah tekanan. Untuk menjaga kestabilan lubang pemboran agar nantinya tidak terjadi *kick* atau bahkan *blowout* maka tindakan awal yang harus dilakukan yaitu dapat memprediksi tekanan pori dari

formasi batuan dengan menggunakan seismik [2]. Prediksi tekanan pori dari data seismik juga dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu NCT dan kemudian menentukan tekanan pori dari formasi tersebut [3], selain menggunakan data seismik para peneliti juga telah banyak memprediksi tekanan pori dengan menggunakan data well log [4], dengan data log seperti DST, RFT, FIT dan LOT, tekanan formasi atau tekanan pori juga dapat diestimasi dengan metode tekanan efektif dan minimum [5]. Selain tekanan pori formasi, tekanan hidrostatik juga harus diperhatikan, tekanan hidrostatik merupakan suatu tekanan yang dipengaruhi oleh tinggi kolom atau lubang

bor [6]. Apabila kedua tekanan ini tidak stabil saat pemboran maka akan timbul tekanan abnormal [7], tekanan abnormal atau kelebihan tekanan (*overpressure*) dapat diprediksi dari total stress sehingga dapat menimbulkan *loss pressure* [8]. *Loss pressure* yang tidak segera diatasi akan dapat menimbulkan *kick* bahkan *blowout*. *Kick* merupakan suatu kejadian pada saat melakukan pemboran yang dapat menimbulkan bahaya yang sangat besar apabila tidak cepat diatasi. *Kick* terjadi apabila tekanan formasi lebih besar dibandingkan tekanan hidrostatik. *Kick* yang tidak bisa diatasi dapat menimbulkan *blowout* [9].

## 2. Metode Penelitian

Data yang diperlukan dalam menyelesaikan penelitian ini merupakan data sumur di lapangan X yang mengalami *kick* dan *loss circulation*, data ini nantinya yang akan diolah dengan mensubstitusikan variabel yang ada di data kedalam beberapa persamaan. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data log dan juga menggunakan laporan pemboran (*daily report*) sumur tersebut.

### Menentukan tekanan hidrostatik:

Tekanan hidrostatik merupakan tekanan yang dipengaruhi oleh berat jenis fluida dalam suatu kolom, tekanan ini juga dipengaruhi oleh ketinggian fluida yang terdapat di dalam kolom. Tekanan hidrostatik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$p_h = \rho gh \quad (1)$$

Dimana  $p_h$  adalah tekanan hidrostatik (Pa),  $\rho$  adalah densitas ( $\text{kg/m}^3$ ),  $g$  kecepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ ) dan  $h$  adalah kedalaman (m).

Pengontrolan tekanan hidrostatik sangat penting, tekanan hidrostatik ini digunakan untuk melihat tekanan lumpur yang berada di dalam pipa bor. Tekanan hidrostatik pada persamaan (1) dikonversi ke dalam satuan yang sering digunakan oleh dunia perminyakan seperti pada persamaan (2):

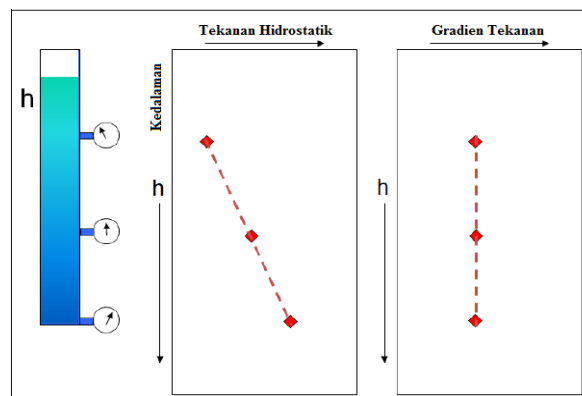
$$p_h = 0,052 \times MW \times D \quad (2)$$

Nilai 0.052 didapatkan dari hasil konversi satuan yang digunakan dalam dunia perminyakan. Dimana  $p_h$  adalah tekanan hidrostatik (psi),  $MW$  (*mud weight*) merupakan berat dari lumpur yang digunakan saat pemboran (ppg) dan  $D$  adalah kedalaman (ft).

Tekanan hidrostatik memiliki gradien tekanan, dimana pada umumnya gradien tekanan akan selalu dipengaruhi oleh kedalamannya. Semakin dalam posisi

dari suatu formasi maka tekanan dan gradien tekanan juga akan semakin besar, hal ini sesuai dengan persamaan (1). Hubungan antara tekanan dan gradien tekanan dapat dilihat dari ilustrasi yang ada pada gambar 1.

Dari gambar 1 dapat kita perhatikan bahwa gradien tekanan hidrostatik tidak dipengaruhi oleh kedalamannya, hal ini khusus untuk daerah dengan nilai densitas yang sama [3].



Gambar 1. Hubungan antara tekanan hidrostatik dan gradien tekanan (modifikasi dari Stan Lee, 2010).

### Loss Circulation

Loss circulation terjadi karena masuknya lumpur pemboran ke dalam pori formasi, hal ini diakibatkan karena adanya rekahan pada formasi saat dilakukan pemboran atau penggunaan lumpur pemboran yang terlalu berat sehingga menghasilkan tekanan yang terlalu besar. Hal seperti ini sering disebut dengan *overpressure*. *Loss circulation* ini dapat dihitung dengan persamaan

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3)$$

Dimana  $Q$  adalah debit atau banyaknya fluida yang mengalir persatuan waktu ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  $V$  adalah volume fluida  $\text{m}^3$  dan  $t$  adalah waktu (s).

### Memprediksi tekanan pori

Tekanan pori suatu formasi didapatkan dengan menghubungkan tekanan pori dengan *overburden* atau sering juga dikenal dengan *vertikal stress* [7]. *Overburden* adalah suatu tekanan yang dihasilkan oleh gabungan matriks batuan dan kandungan fluida yang ada disetiap titik pada kedalaman tertentu. Kedalaman yang digunakan dalam perhitungan *overburden* itu sendiri adalah kedalaman yang tegak lurus permukaan atau sering dikenal dengan TVD. Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan tekanan vertikal yaitu:

$$\sigma_{obv} = \int g\rho_b dD \quad (4)$$

dimana  $\sigma_{obv}$  merupakan tekanan *overburden* (psi),  $\rho_b$  adalah densitas dari bulk pada setiap kedalaman (ppg) dan  $dD$  adalah perubahan kedalaman (ft). Densitas bulk dapat dihitung dengan persamaan

$$\rho_b = \rho_g(1 - \phi) + \rho_{fl}\phi \quad (5)$$

dimana  $\rho_g$  adalah densitas *grain* dari formasi ( $\text{kg/m}^3$ ),  $\rho_{fl}$  adalah densitas fluida yang menaungi pori dari formasi ( $\text{kg/m}^3$ ) dan  $\phi$  adalah porositas dari batuan (%).

Porositas batuan merupakan kemampuan suatu formasi batuan untuk menampung fluida. Porositas batuan bergantung pada volume bulk batuan dan volume grain (butiran) dari batuan tersebut.

$$\phi = \frac{V_b - V_g}{V_b} \quad (6)$$

$$\phi = \phi_o e^{-K.D_s} \quad (7)$$

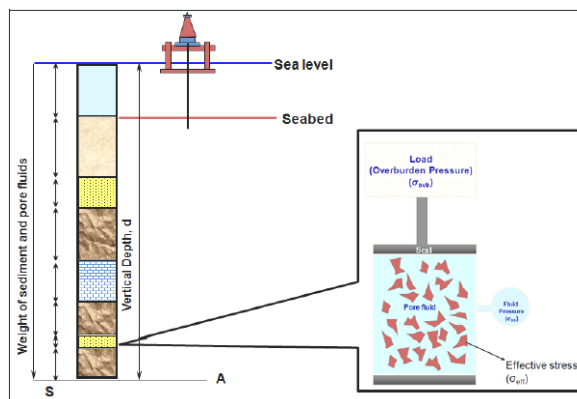
Dimana  $V_b$  adalah volume bulk ( $\text{m}^3$ ),  $V_g$  adalah volume grain (butiran),  $\phi_o$  adalah porositas permukaan dan  $K$  adalah nilai konstanta deklinasi porositas. Dengan mensubstitusikan persamaan (6) dan (4) kepersamaan (3) maka diperoleh rumus menentukan tekanan *overburden* yang dihubungkan dengan porositas formasi batuan.

$$\sigma_{ov} = \int g[\rho_g(1 - \phi_o e^{-KDs}) + \rho_{fl}\phi_o e^{-KDs}]dD \quad (8)$$

*Overburden* menurut hukum Terzaghi dapat ditentukan oleh penjumlahan tekanan efektif yang dihasilkan dari matrik batuan dan tekanan pori yang ditentukan dari fluida yang terdapat diantara matrik dari suatu batuan (Terzaghi dan Peck, 1968). Besarnya *overburden* dapat dilihat berdasarkan rumus:

$$\sigma_{ov} = \sigma_{eff} + P_p \quad (9)$$

Dimana  $\sigma_{eff}$  merupakan tekanan efektif (Psi) dan  $P_p$  merupakan tekanan pori dari suatu batuan (Psi). Pada gambar 2 diperlihatkan hubungan antara tekanan *overburden*, tekanan efektif dan tekanan pori batuan



**Gambar 2.** Skema hubungan tekanan overburden, tekanan pori dan efektif stress (Hendri Yanto (2011), modifikasi Stan Lee, 2010)

### Pengalisan Kick dan Loss pressure

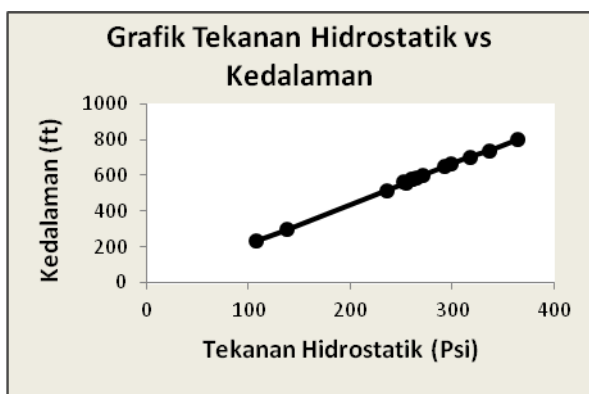
Terjadinya *kick* pada saat dilakukan pemoran diakibatkan oleh masuknya fluida formasi kedalam lubang pemoran, hal ini dikarekan tekanan formasi lebih besar dibandingkan dengan tekanan lumpur pemoran. Masuknya fluida formasi ke dalam lubang pemoran dapat terjadi karena beberapa faktor, diantaranya yaitu saat pemoran terdapat fluida formasi yang menyusup kedalam lubang pemoran sehingga mengakibatkan penurunan tekanan dari lumpur pemoran (tekanan hidrostatik). Faktor lain yang dapat mengakibatkan masuknya fluida formasi ke dalam lubang pemoran dapat diakibatkan karena *loss circulation* pada saat pemoran, *loss circulation* ini bisa diakibatkan karena faktor berat lumpur yang terlalu besar atau terjadi rekahan pada saat pemoran, sehingga lumpur pemoran masuk ke dalam formasi batuan.

Dari kasus yang ada di sumur X *kick* yang terjadi saat pemoran diakibatkan oleh adanya *loss circulation*, hal ini terdeteksi dengan jumlah sirkulasi dari lumpur pemoran, dimana jumlah lumpur pemoran yang dimasukkan tidak sama dengan jumlah lumpur pemoran yang keluar, pada sumur tersebut tercatat bahwa *loss circulation* parsial terjadi pada kedalaman 515 hingga 556. Setelah dilakukan observasi terdeteksi adanya lumpur yang *loss* sebanyak 0.56 BPM. Tepatnya pada kedalaman 565 tersebut terjadi *loss circulation* total. Lumpur baru disiapkan sebanyak 90 barel (BBLs).

Pada kedalaman 565 saat dilakukan observasi, ternyata terdapat aliran fluida formasi di dalam sumur. Data yang tercatat di permukaan adalah SICP sebesar 75 psi sedangkan SIDP tidak terbaca.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari penelitian yang dilakukan di BOB PT. Bumi Siak Pusako Pertamina Hulu pada sumur X di dapatkan perubahan tekanan hidrostatik dengan menggunakan persamaan (2) untuk setiap kedalaman dan variasi dari berat jenis lumpur.



Gambar 3. Grafik variasi kedalaman terhadap tekanan

Dari data di atas dapat dilihat bahwa tekanan hidrostatik semakin meningkat dengan bertambahnya kedalaman, berat lumpur yang digunakan terdapat perbedaan pada beberapa kedalaman, hal ini dikarenakan pada saat pemboran disesuaikan dengan jenis formasi yang akan dilalui oleh bit pemboran. Dari data di sumur X pada kedalaman 565 mulai terjadi loss circulation.

Saat dilakukan proses pemboran *loss circulation* terjadi pada kedalaman-kedalaman tertentu. Data *loss circulation* tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Data debit lumpur yang hilang (*Loss Circulation*)

Depth (ft)	Loss sirkulasi (BPM)
565	0.56
575	0.9
577	1.5
797	0.8-1

Perhitungan *loss circulation* menggunakan observasi lapangan langsung, *loss circulation* ini diperoleh dengan teknik pemompaan lumpur kedalam lubang pemboran kemudian dihitung berapa lumpur yang hilang setiap menitnya, sehingga didapatkan debit lumpur yang hilang setiap menitnya.

*loss circulation* ini diatasi dengan metode LCM (*Loss Circulation Material*). Metode ini adalah metode menambahkan material pemberat pada lumpur pemboran.

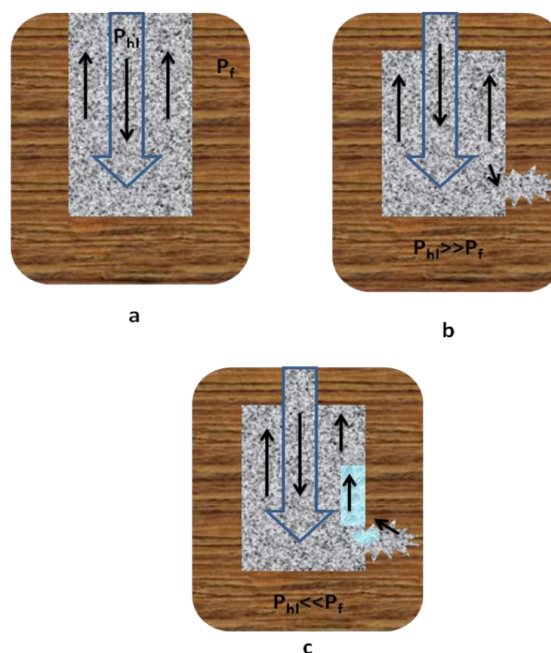
Dari data yang telah didapatkan, setelah terjadinya loss sirkulasi maka terdapat aliran fluida formasi di dalam sumur pemboran, aliran fluida ini merupakan faktor yang dapat menyebabkan *kick*.

### Penganalisaan *Kick*

*Kick* pada kasus sumur X berdasarkan data dan perhitungan yang dilakukan diakibatkan karena adanya

*loss circulation*. Di bawah ini diberikan skema penganalisaan *kick* pada sumur X.

Dari gambar 4 dapat dijelaskan bahwa saat dilakukan proses pemboran yang normal maka dapat dilihat dari gambar 4a, dimana jumlah dari lumpur yang dimasukkan dan yang keluar harus memiliki jumlah yang sama. Tetapi apabila saat pemboran terjadi *fracture* pada formasi, maka dapat mengakibatkan lumpur pemboran masuk ke dalam pori-pori batuan formasi. Lumpur yang masuk ke dalam pori batuan mengakibatkan berkurangnya tinggi lumpur dalam kolom, seperti yang terdapat pada gambar 4b, berkurangnya tinggi lumpur dalam kolom tersebut mengakibatkan tekanan hidrostatik turun. Karena adanya lumpur yang hilang mengakibatkan  $P_f > P_h$ , karena tekanan formasi lebih besar dibanding tekanan hidrostatik lumpur maka fluida formasi masuk ke dalam lubang pemboran, hal diperlihatkan pada gambar 4c.



Gambar 4. Skema pemboran hingga terjadi *kick*

Terjadinya *loss circulation* dan *flowing* pada sumur X terdeteksi pada kedalaman 565, 577 dan 797 pada sumur Y tersebut, hal ini terlihat karena adanya berkurangnya lumpur pemboran yang keluar dari *annulus* dan terdapat aliran di dalam lubang. Penanganan yang dilakukan yaitu penutupan BOB di annular dan melakukan metode LCM, metode LCM ini dilakukan agar berat lumpur bertambah dan dapat menutup rekahan yang terjadi akibat proses pemboran. Material pemberat yang ditambahkan kedalam lumpur pemboran yaitu fracsale M dan F serta  $CaCO_3$  M dan F. selain itu juga dilakukan penambahan bentonite.

#### 4. Kesimpulan

Permasalahan *flowing* atau adanya aliran fluida dalam lubang sumur pemboran diprediksi terjadi karena adanya *fracture* (rekahan) formasi yang mengakibatkan lumpur masuk kedalam pori dan membuat tekanan hidrostatik berkurang. Apabila aliran dalam fluida formasi tidak dapat diatasi dengan segera, maka aliran ini akan menimbulkan *kick*. Metode *Loss Circulation Material* (LCM) atau menambahkan material pemberat ke dalam sumur dilakukan untuk menghilangkan *loss circulation* dan menutup rekahan yang terjadi sebelumnya. Dengan perubahan berat dari lumpur pemboran tersebut maka *loss circulation* dapat diatasi. Pada kasus sumur X, material yang digunakan untuk menghentikan *loss circulation* adalah penambahan bentonite, fracsale M dan F serta  $\text{CaCO}_3$  M dan F. Metode LCM berhasil dilakukan disumur tersebut, sehingga *flowing* dapat diatasi dan *kick* tidak sempat terjadi.

#### Ucapan Terimakasih

Terimakasih saya ucapkan kepada BOB. PT. Bumi Siak - Pusako Pertamina-Hulu yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan observasi lapangan dan pengambilan data penelitian.

#### Daftar Acuan

- [1] Neal A. *Drilling Engineering A Complete Well Planing Approach*. Tulsa, Oklahoma (1985). 74101
- [2] R. Ramadian. *Prediksi Tekanan Pori dengan Menggunakan Data Seismik 3D dan Data Sumur Untuk Mengoptimalkan Program Pengeboran di Area-K, Cekungan Sumatera Tengah*. Fakultas MIPA. Jakarta (2010). Tesis
- [3] H. Yanto. *Prediksi Kecepatan Pori dengan menggunakan Data Kecepatan Seismik : Studi Kasus, Lapangan X Laut Dalam Selat Makasar*. Fakultas MIPA. Jakarta (2011). Tesis
- [4] J. Zhang. S. *Pore Pressure Prediction from Well Logs: Methods, Modification, and Approaches*. 108 (2011) 50-63.
- [5] A. Berry, W. Utama. *Estimasi Tekanan Formasi Menggunakan Tekanan Efektif dan Tekanan Minimum dengan Kalibrasi Data Log (DST, RFT, FIT dan LOT): Studi Kasus Lapangan NN#*. volume 5, nomor 1 Januari 2009
- [6] Rubian, H. *Well Engineering and Construction* (2004)
- [7] Adam T B Jr, Keith K M, Martin E C, F.S. Young Jr. *Applied Drilling Engineering*. Richardson, TX (1986), ISBN 1-55563-001-4
- [8] Ozkale, A. *Overpressure Prediction by Mean Total Stress Estimate Using Well Logs for Compressional Environments with Strike-Slip or Reverse Faulting Stress State*. Petroleum Engeneering. Texas A&M University (2006). Thesis
- [9] Grace, R.D. *Blowout and Well Control Handbook*. USA (2003)

