

**MEKANISME *OVERPRESSURE* PADA SUMUR GF,
LADANG GAS ARUN, ACEH**Ghalib Fawzia K^{1*}, Dicky Muslim¹, dan Yusi Firmansyah¹¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: fawziaghalib@gmail.com

ABSTRAK

Objek penelitian dilakukan pada Sumur GF yang terletak di Blok B Ladang Gas Arun, Aceh. Ladang Gas Arun terletak di Cekungan Sumatra Utara. Pada Ladang Gas Arun ditemukan *overpressure*. Untuk mengetahui titik kedalaman ditemukannya *overpressure* perlu dilakukan perhitungan terhadap nilai-nilai tekanan yang ada pada sebuah sumur pemboran. Data tekanan yang perlu diketahui adalah tekanan hidrostatik, tekanan pori, tekanan vertikal (tekanan *overburden*), dan tegangan efektif. Untuk mengetahui tekanan hidrostatik dan tekanan vertikal menggunakan hukum Archimedes, dimana data yang dibutuhkan adalah nilai kedalaman, berat jenis fluida dan bulk, dan nilai gravitasi bumi. Untuk mengetahui nilai tekanan pori menggunakan persamaan Eaton, dimana data yang dibutuhkan adalah data tekanan hidrostatik, tekanan vertikal, nilai interval waktu pada tren kompaksi normal, dan nilai interval waktu terukur. Nilai tegangan efektif didapatkan dari selisih tekanan *overburden* dan tekanan pori. Untuk menentukan mekanisme terjadinya *overpressure* menggunakan parameter yang dilakukan oleh Ramdhan, data yang diperlukan merupakan data log sonik, log densitas, data tekanan, dan data porositas. Pada penelitian ini data yang digunakan berupa data log sonik, log densitas, dan data tekanan. Pada Sumur GF, titik awal terjadinya *overpressure* terdapat pada kedalaman 1292 meter. Mekanisme *overpressure* yang terjadi pada Sumur GF berupa mekanisme *unloading*.

Kata Kunci : Tekanan Pori, Tekanan Vertikal, *Overpressure***ABSTRACT**

The object of this study is GF well that located in B Block of Arun Gas Field, Aceh. Arun Gas Field is located in North Sumatera Basin. In Arun Gas Field there is an overpressure zone. The depth of the overpressure zone is obtained from the pressure value of a drilling well. The pressure data are hydrostatic pressure, pore pressure, overburden pressure, and effective stress. Hydrostatic pressure and overburden pressure can be calculated by using Archimedes equation, and pore pressure can be calculated by using Eaton equation. Overburden pressure and pore pressure are used to determine the effective stress. In determining overpressure mechanism, previous research that lead by Ramdhan is used as a comparison. The data used in this research are sonic log, log density, and pressure data. In GF Well overpressure zone found at depth 1292 meters. Overpressure mechanism that exist in GF well is unloading mechanism.

Keywords: Pore pressure, Overburden pressure, Overpressure**1. PENDAHULUAN**

Pada Ladang Gas Arun, terdapat zona *overpressure*. Dalam mengetahui *overpressure* sangat berguna dalam

melakukan pemboran, dimana hal tersebut dapat mengurangi resiko terjadinya kegagalan dalam pemboran, baik itu saat eksplorasi ataupun saat produksi.

Overpressure sangat berkaitan erat dengan tekanan formasi, dimana *overpressure* akan terjadi apabila didapatkan nilai tekanan pori lebih besar dari tekanan hidrostatik/tekanan normal pada suatu formasi. Tekanan pori dapat meningkat apabila adanya fluida pada pori

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang dihasilkan oleh fluida yang statis yang terdapat pada batuan dimana besar dari tekanan hidrostatik ini sama ke semua arah (Zoback, 2007). Pada tekanan ini tidak melihat ukuran dan geometri dari kolom fluida. Tekanan hidrostatik dapat juga dirumuskan menggunakan persamaan berikut:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h \quad \text{Persamaan 2.1}$$

dimana P_h = tekanan hidrostatik (Pascal), ρ = densitas rata-rata fluida (kg/m³), g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²), h = tinggi kolom fluida (m).

Tekanan vertikal adalah tekanan yang ada pada suatu formasi akibat adanya pembebanan dari berat total batuan dan fluida yang berada di atas formasi tersebut atau dapat juga disebut sebagai tekanan litostatik (Ramdhan, 2010). Untuk mencari nilai dari tekanan vertikal dapat menggunakan Hukum Archimedes, dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_v = \rho \cdot g \cdot h \quad \text{Persamaan 2.2}$$

dimana S_v = tekanan vertikal/tekanan overburden (Pascal), ρ = berat jenis bulk (kg/m³), g = gravitasi (m/s²), h = kedalaman (m).

Tekanan pori dapat di definisikan sebagai tekanan hidrolik skalar yang dibentuk oleh ruang pori yang saling berhubungan. Nilai dari tekanan pori ini pada keadaan normal didefinisikan sebagai

tekanan hidrostatik (tekanan normal), dimana pada proses geologi yang terjadi hanya pembebanan akibat deposisi sedimen. Tekanan pori hidrostatik (P_p^{hydro}) meningkat 10 Mpa/km atau 0,44 psi/ft sesuai dengan kedalamannya (Zoback, 2007). Tekanan pori dapat juga dirumuskan menggunakan persamaan Eaton:

$$P_p = S_v - \left[(S_v - P_h) \times \left(\frac{dt \text{ NCT}}{dt \text{ Ob}} \right)^x \right]$$

Persamaan 2.3

dimana P_p = tekanan pori, S_v = tekanan vertikal (overburden) P_h = tekanan hidrostatik, $dt \text{ NCT}$ = waktu interval sonik Normal Compaction Trend, $dt \text{ Ob}$ = waktu interval sonik terukur, x = koefisien empiris Eaton.

Tegangan efektif dapat didefinisikan sebagai selisih dari tegangan litostatik dengan tekanan pori. Dari hasil tersebut, tegangan efektif adalah jumlah tekanan yang dapat diterima oleh batuan (Terzaghi and Peck, 1967 dalam Ramdhan, 2010).

$$\sigma = S_v - P_p \quad \text{Persamaan 2.4}$$

dimana σ = Tegangan efektif, S_v = Tegangan litostatik (Tekanan Overburden), P_p = Tekanan pori.

Overpressure adalah kondisi dimana tekanan pori berada di atas gradien hidrostatik normal. Overpressure dapat disebabkan oleh cepatnya proses pengendapan sedimen, lapisan permeabel yang tipis terperangkap oleh lapisan impermeabel, terjadinya pengangkatan atau daerah sesar, dan pembentukan minyak dan gas bumi yang tereksipansi akibat tekanan dan panas yang tinggi sedangkan volume pori pada batuan terbatas (Roy, Ray, dan Biswas, 2010).

Secara umum mekanisme terjadinya *overpressure* dibagi menjadi dua mekanisme, yaitu mekanisme pembebanan (*loading mechanism*) dan mekanisme peningkatan fluida atau tidak secara pembebanan (*unloading mechanism*). Berikut adalah mekanisme terjadinya kondisi *overpressure* yang mengacu pada Zoback (2007):

1. *Loading Mechanism*

Mekanisme pembebanan terjadi akibat batuan yang terkompaksi tidak baik dan menimbulkan nilai tegangan efektif relatif konstan meskipun salah satu tegangan utama meningkat dengan bertambahnya kedalaman. Terdapat beberapa mekanisme dalam mekanisme pembebanan yang akan diuraikan sebagai berikut:

a. *Disequilibrium compaction*

Disequilibrium compaction atau *undercompaction* adalah mekanisme dimana pada kedalaman tertentu, saat terjadinya proses sedimentasi akan meningkatkan nilai dari *overburden stress* yang akan berpengaruh saat terjadi kompaksi sehingga menyebabkan penurunan porositas. Penurunan porositas disebabkan keluarnya fluida pada pori melalui permeabilitas formasi, secara hidrologi terhubung dengan permukaan bumi.

Pada kasus tertentu, proses kompaksi tidak terjadi secara normal, hal tersebut diakibatkan oleh keberadaan formasi yang memiliki permeabilitas rendah atau sedimentasi berlangsung cepat. Fluida yang seharusnya keluar terjebak dalam pori batuan sehingga tegangan litostatik (*overburden stress*) memberikan tekanan pada tekanan fluida pori. Keadaan tersebut menyebabkan porositas tidak berkurang setiap bertambahnya kedalaman

(relatif tetap) dan tekanan pori bertambah besar.

b. *Kompresi Tektonik*

Mekanisme ini disebabkan oleh proses tektonik pada skala regional dengan periode waktu relatif singkat yang mempengaruhi tekanan pori. Tekanan pori yang berada pada rezim tektonik kompresi dapat berubah akibat adanya pengaruh dari proses tektonik lempeng (Van Balen & Cloetingh 1993, dalam Zoback 2007)

2. *Unloading Mechanism*

a. *Efek sentroid*

Overpressure pada efek sentroid ini relatif terjadi di bagian atas batupasir terperangkap oleh serpih. Tekanan pada bagian atas batupasir tersebut akan lebih tinggi dibandingkan serpih pada kedalaman yang sama. Pada kedalaman tertentu akan mendapatkan nilai tekanan pori yang sama, hal ini dinamakan sentroid.

b. *Aquathermal pressurization*

Mekanisme dalam pembentukan *overpressure* ini terjadi akibat adanya panas saat sedimen tertimbun. Peningkatan temperatur akan meningkat seiring bertambahnya kedalaman yang diakibatkan oleh panas hasil peluruhan radioaktif pada batuan dasar kristalin dan panas tersebut mengalami perpindahan menuju permukaan bumi. Panas tersebut akan menyebabkan ekspansi fluida pori, pada matriks batuan yang relatif tidak dapat terekspansi akan mengalami peningkatan tekanan. Mekanisme ini tidak terlalu berpengaruh karena peningkatan temperatur berlangsung lebih lama dibandingkan dengan perkembangan *overpressure* pada sistem sedimentasi aktif (Daines 1992; Luo & Vassuer 1992 dalam Zoback 2007).

c. Pembentukan hidrokarbon

Pembentukan hidrokarbon dari pematangan kerogen pada batuan induk hidrokarbon menyebabkan meningkatnya volume fluida pori dan dapat menyebabkan terjadinya kondisi overpressure. Terbentuknya minyak dan gas dari kerogen akan menyebabkan meningkatnya volume fluida pori. (Swarbrick & Osborne 1998 dalam Zoback, 2007).

3. METODE

Tahap penelitian yang dilakukan adalah pemilihan data yang akan digunakan untuk menunjang penelitian. Data mentah berupa peta persebaran sumur yang ada di daerah penelitian di digitasi ulang agar dapat terbaca dengan jelas dan agar data berbentuk digital. Semua data log sumur yang ada diolah menggunakan rumus-rumus yang telah tercantum pada bab sebelumnya untuk memperoleh parameter-parameter yang dibutuhkan untuk mencapai hasil tujuan penelitian.

Hal pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai dari V_{shale} menggunakan data log Gamma Ray. Setelah mendapatkan nilai V_{shale} , kemudian menggunakan data Log Sonik untuk mendapatkan nilai waktu interval Normal Compaction Trend (DtNCT). Dengan menggunakan persamaan Eaton, data tekanan pori (P_p) didapatkan dari data DtNCT dengan data tekanan Overburden.

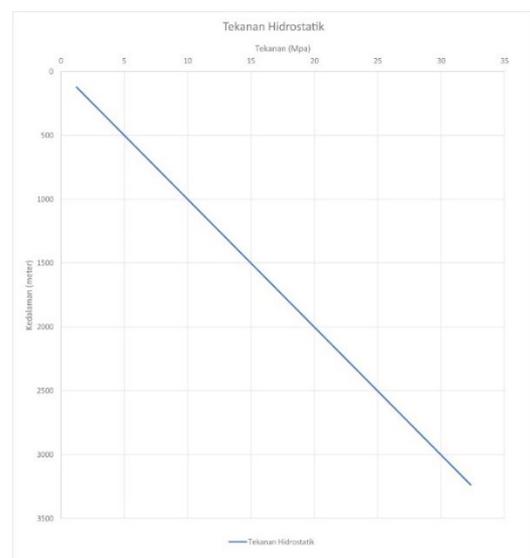
Tekanan Overburden di dapatkan dari hasil perhitungan densitas batuan dari Log densitas atau dapat menggunakan persamaan Castagna dan persamaan Gardner. Setelah Tekanan overburden dan tekanan pori didapatkan, selanjutnya mencari tekanan efektif dengan menggunakan persamaan Terzaghi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Isi Hasil dan Pembahasan

1. Tekanan hidrostatik

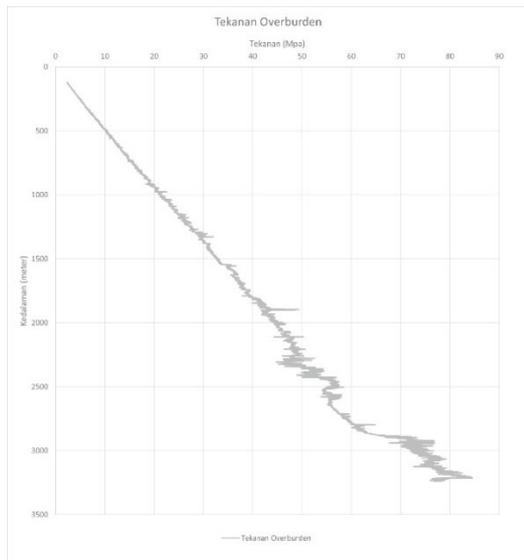
Tekanan hidrostatik pada Sumur GF didapatkan dengan menggunakan Persamaan Archimides dan disajikan dalam grafik pada Gambar 4.1. Tekanan hidrostatik berbanding lurus dengan kedalaman, dimana semakin dalam maka nilai tekanan hidrostatik semakin besar.



Gambar 4. 1 Grafik Tekanan Hidrostatik (MPa)

2. Tekanan vertikal

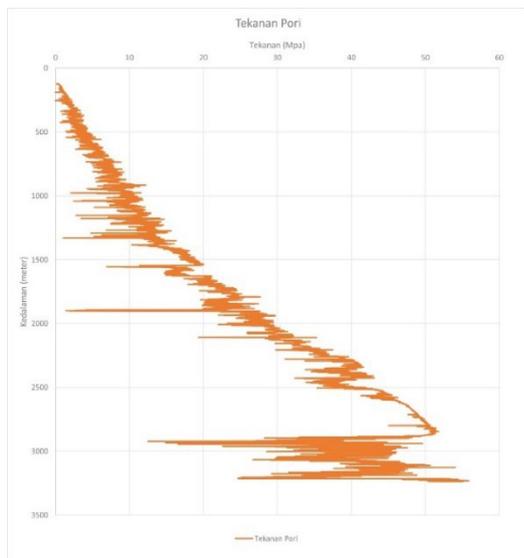
Tekanan vertikal pada sumur GF didapatkan menggunakan persamaan Archimides dan disajikan dalam grafik pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Grafik Tekanan Vertikal (MPa)

3. Tekanan Pori

Tekanan pori didapatkan dari Persamaan Eaton dengan menggunakan data tekanan vertikal, tekanan hidrostatik, waktu interval sonik Normal Compaction Trend, dan waktu interval sonik terukur. Nilai dari tekanan pori disajikan dalam grafik pada Gambar 4.3.

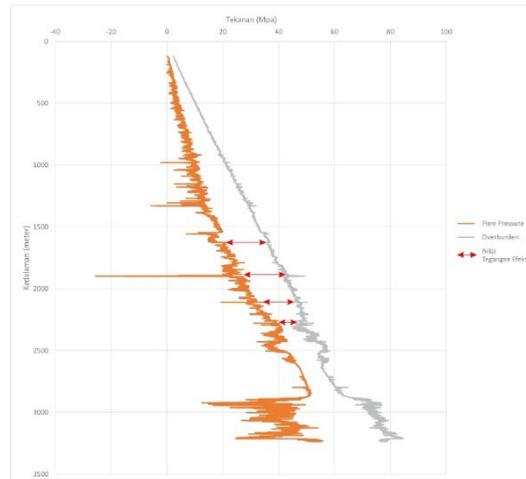


Gambar 4. 3 Grafik Tekanan Pori

4. Tegangan Efektif

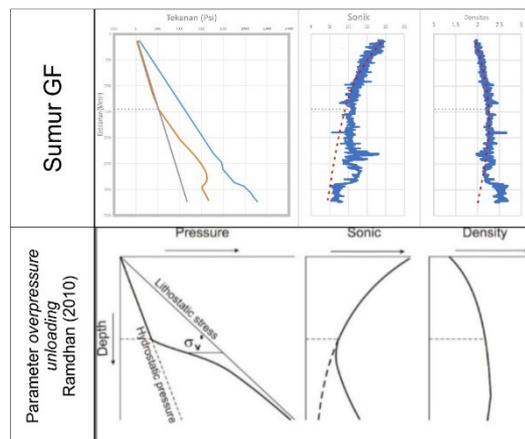
Secara empiris tegangan efektif didapatkan dari selisih tekanan vertikal dengan tekanan

pori. Pengolahan data tegangan efektif menggunakan Persamaan Terzaghi. Tegangan efektif digunakan untuk mengenali zona *overpressure* pada Sumur GF yang disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Tegangan Efektif

Dari hasil perhitungan Tekanan tersebut didapatkan grafik tekanan. Untuk melakukan interpretasi mekanisme *overpressure* yang terjadi, menggunakan parameter-parameter yang telah dibuat oleh Ramdhan dan Gouly (2010). Data yang digunakan berupa grafik tegangan efektif, log densitas, dan log sonik.



Gambar 4. 5 (a) Indikasi overpressure pada Sumur GF dari data tekanan pori, tekanan overburden, log sonik, dan log densitas. (b) Parameter overpressure dengan mekanisme unloading (modifikasi Ramdhan dan Gouly, 2010)

Mekanisme overpressure yang terjadi di daerah penelitian diakibatkan adanya peningkatan volume fluida. Hal tersebut dapat terdeteksi karena terjadinya pembalikan pada log sonik dan log densitas. Selain terjadinya hal tersebut, data penunjang yang didapat adalah nilai tekanan efektif yang semakin dalam semakin berkurang, sedangkan tekanan pori menunjukkan peningkatan nilai dengan semakin bertambahnya kedalaman dan tekanan overburden yang diasumsikan stabil (tidak terjadi peningkatan yang signifikan). Dengan melakukan analisis data tersebut, overpressure pada Sumur GF memiliki mekanisme unloading atau peningkatan volume fluida.

5. KESIMPULAN

Zona *overpressure* pada sumur GF ditemukan pada kedalaman 1292 meter. Hal tersebut di indikasikan adanya peningkatan tekanan pori, dimana pada kondisi normal, seharusnya tekanan normal (tekanan hidrostatik) dengan tekanan pori memiliki tren grafik yang sama. Pada kedalaman 1292 meter, terlihat tekanan pori lebih besar dari tekanan hidrostatik. Dalam penentuan mekanisme *overpressure* dilihat dari log sonik, log densitas, dan tren grafik tegangan efektif. Dalam hal ini nilai dari tegangan efektif semakin dalam semakin berkurang, tren log sonik terjadi pembalikan, dan tren log densitas terjadi pengurangan. Hal tersebut merupakan indikasi dari mekanisme *unloading*.

DAFTAR PUSTAKA

Atmadibrata, R.M.R. 2014. *Kolaborasi Geologi dan Rekayasa Pemboran Menghadapi Zona Tekanan Abnormal di Ladang Gas Arun; Sumatra Utara*. Seminar Nasional Fakultas Teknik Geologi, Bandung 24 Mei 2014.

- F, Muhazzib, Bahri, Ayi Syaeful, dan Widodo, Amien. 2017. *Prediksi Tekanan Pori Menggunakan Metode Kompresibilitas di Reservoir Karbonat, Studi Kasus : Lapangan MZ*. Surabaya: Jurnal Teknik ITS Vol 6 No.2.
- Fauzi, Riyan. 2017. *KARAKTERISTIK FORMASI KEUTAPANG BERDASARKAN DATA LOG SUMUR DI LADANG GAS ARUN, ACEH, SUMATRA UTARA*. Skripsi, Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran.
- Lake, W.L, dan Mitchell, R.F. 2006. *PEH: Geomechanics Applied to Drilling Engineers*. USA: Society of Petroleum Engineers.
- Ramdhan, A.M. & Goulty, Neil. 2010. *Overpressure-generating mechanisms in the Peciko Field, Lower Kutai Basin, Indonesia*. Petroleum Geoscience. 16. 10.1144/1354-079309-027.
- Ramdhan, Agus. 2010. *OVERPRESSURE AND COMPACTION IN THE LOWER KUTAI BASIN, INDONESIA*. Thesis, Durham : Durham University.
- Ruth, P.V., Hillis, R., Tingate, P., dan Swarbrick, R. 2003. *The Origin of overpressure in 'old' sedimentary basins: an example from the Cooper Basin, Australia*. Geofluids. 3. 125 - 131. 10.1046/j.1468-8123.2003.00055.x.
- Roy, D.K, Ray, G.K, dan Biswas, A.K.2010. *Overview of Overpressure in Bengal Basin, India*. India: Journal Geological Society of India.

Yosandian, Hazmanu Hermawan, dkk.
2014. Overpressure Characteristic
in Langkat Field, North Sumatra
Basin, Indonesia. Singapore :
IPCBE vol 73.

Zoback, M.D. 2007. Reservoir
Geomechanics. New York :
Cambridge University Press.