



KEAMANAN PENGEBORAN BERDASARKAN ESTIMASI BERAT DAN JENIS LUMPUR PADA SUMUR RA, LADANG GAS ARUN, ACEH

Rai Atrasina*, Dicky Muslim¹, Yusi Firmansyah¹, Riza Atmadibrata¹.

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran Bandung

*Korespondensi: raiatrasina96@gmail.com

ABSTRAK

Keamanan merupakan faktor yang penting dalam dunia minyak dan gas, tidak boleh ada kesalahan karena dapat mengganggu berbagai pihak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model estimasi berat dan jenis lumpur pada sumur RA yang berguna sebagai referensi apabila akan dilakukan pengeboran selanjutnya. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan berbagai data yang berasal dari sumur RA pada lapangan gas Arun, Aceh, Sumatera Utara. Kemudian dibuat profil litologi dari sumur RA dengan melihat data yang ada. Tahap selanjutnya yaitu mencari berat jenis lumpur dengan mengetahui nilai tekanan pori dan tegasan horizontal berdasarkan *Wellbore Failure*. Setelah itu, menentukan jenis lumpur dengan cara menganalisis litologi. Berat jenis lumpur dan data litologi sumur RA dijadikan dasar dalam menentukan jenis lumpur. Nilai dari berat jenis lumpur dan jenis lumpur yang akan digunakan dengan melihat ciri litologi pada sumur RA yaitu pada kedalaman 310,8 m - 1375,15 m dengan berat jenis lumpur 1,596-1,658 g/cm³ menggunakan *Water-based Mud*, 1375,16 m - 2354,644 m dengan berat jenis lumpur sama menggunakan *Oil-based Mud*, dan kedalaman 2354,644 m-3096 m dengan berat jenis 1,868 - 2,102 g/cm³ menggunakan *Oil-based Mud*.

Kata Kunci: Kestabilan Lubang Sumur; Kegagalan Sumur Bor; Berat Jenis Lumpur; Jenis Lumpur

ABSTRACT

Security is an important factor in the world of oil and gas industry, there should not be any mistakes because can interfere with various parties. This study aims to know the estimation of mudweight and types of mud on RA wells that can be useful as reference for the next wells. The research was done by collecting various data derived from a RA well on Arun Field, Aceh, North Sumatra. Then, make a profile of lithology from RA well using the data. Next step is finding the specific gravity of mud using value pore pressure and horizontal stress minimum based on wellbore failure. Then, determine the mud by analyzed the lithology. The specific gravity of mud and lithology of RA well used as the basis in determining the type of mud. The specific gravity of mud and types of mud that will be used by looking at features lithology on RA wells. At a depth of 310,8 m -- 1375,15 m with the specific gravity of mud 1,596-1,658 g/cm³ use water-based mud, in 1375,16 m-2354,644 m with the same specific gravity use oil-based mud, and in the depth of 2354,644 m-3096 m with the specific gravity of 1,868-2,102 g/cm³ use oil-based mud.

Keywords: *Wellbore Stability; Wellbore Failure, Mud Specific Gravity, Type of Mud*

1. PENDAHULUAN

Keamanan adalah faktor utama dalam dunia minyak dan gas. Kesalahan sedikit saja baik dalam eksplorasi atau produksi dapat mengganggu keseluruhan kerja operasi yang akan mengakibatkan kerugian berbagai pihak. Contohnya seperti

kegagalan pada saat produksi yang terjadi di Gulf of Mexico pada tanggal 20 April 2010. Faktor utama yang harus diperhatikan adalah kestabilan lubang sumur. Kestabilan lubang sumur memerlukan pengetahuan antara kekuatan batuan dan in-situ stress. Terdapat dua faktor utama yang harus

diperhatikan dalam pengeboran yaitu terkontrol dan tidak terkontrol. Faktor tidak terkontrol seperti tegasan horizontal, tekanan verikal, tekanan pori, kekuatan batuan, dan kimia batuan. Faktor terkontrol seperti berat lumpur, arah sumur bor, dan sudut inklinasi (Aslannezhad dkk, 2016).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Stratigrafi Cekungan Sumatera Utara dari tua ke muda pada sumur RA yaitu Formasi Baong, Formasi Keutapang, Formasi Seurula, dan Formasi Julu Rayeu.

Formasi Baong terdiri atas batulempung, napal yang kadang-kadang mengandung tufa, pada tengah-tengah formasi terdapat lensa-lensa batupasir dikenal juga dengan *Middle Baong Sand* (MBS). Formasi ini diendapkan pada zona neritik dan batial.

Formasi Keutapang terdiri dari batupasir berseling dengan serpih dan batugamping. Ditemukan juga fosil (fragmen gastropoda dan paleocypoda, foraminifera) dan glaukonit pada umumnya, serta fragmen-fragmen kayu yang berseling dengan serpih dan terlihat banyak bioturbasi.

Formasi Seurula terdiri atas konglomerat, batupasir, napal dan batulempung. Fosil dan fragmen kayu umum ditemukan pada batupasir dan serpih dari formasi ini. Material klastik gunungapi juga banyak ditemukan pada batupasir dari formasi ini. Lingkungan pengendapan formasi ini ialah litoral.

Formasi Julu Rayeu terdiri atas berupa konglomerat pada bagian bawah formasi yang kemudian semakin ke atas meningkat menjadi batupasir tufaan. Formasi ini berumur Pliosen-Plistosen.

Dalam mencari kestabilan lubang sumur diperlukan data berupa tekanan pori dan tegasan horizontal minimum, dimana tegasan horizontal minimum yang digunakan berupa gradien rekah.

Tekanan pori adalah nilai tekanan yang ada pada fluida pori. Pada umumnya disebabkan oleh berat tekanan vertikal (*Overburden*) (Hantschel dan Kauerauf,

2009). Tekanan pori juga didefinisikan sebagai tekanan hidrolik skalar yang dibentuk oleh ruang pori yang saling berhubungan (Zoback, 2007). Apabila nilai tekanan pori lebih besar dari tekanan hidrostatik maka disebut *Overpressure*, sebaliknya apabila lebih rendah akan disebut *Underpressure*. *Overpressure* dan *underpressure* selengkapnya akan dibahas pada sub-bab lain. Penentuan tekanan pori menggunakan metode Eaton dengan persamaan:

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

Persamaan 2.1

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

Tegasan horizontal minimum adalah salah satu dari tegasan utama yang dapat diperkirakan secara langsung. Dimana untuk mencari Sh_{\min} dapat menggunakan nilai tegasan minimum pada Tekanan Rekah (*Fracture Propagation Pressure*), yang diasumsikan dengan tegasan horizontal. Terdapat beberapa jenis uji rekah hidrolik diantaranya FIT (*Formation Integrity Test*), LOT (*Leak Off Test*), dan lain-lainnya. Untuk mencari gradien rekah dapat menggunakan persamaan Eaton:

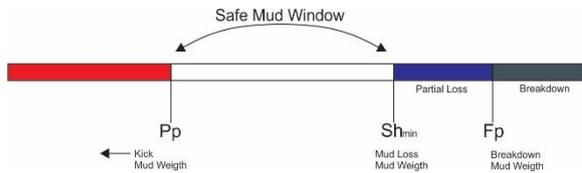
$$FG = \left(\frac{v}{1-v} \right) \left(\sigma_{ob} - \frac{P_p}{h} \right) + \left(\frac{P_p}{h} \right)$$

Persamaan 2.2

dimana FG = gradien rekah (ppg), V = rasio poisson, σ_{OB} = tekanan *overburden* (tekanan vertikal), P_p = tekanan pori, h = kedalaman (m).

Kestabilan lubang sumur yang dibahas dalam penelitian ini adalah untuk menjaga stabilitas dari tekanan formasi

pada sumur RA dengan cara mengetahui berat jenis dari lumpur pengeboran menggunakan *wellbore failure*. Tidak menjaga tekanan formasi dapat mengakibatkan masalah seperti *blowout*, *kick*, dan *lost circulation*.



Gambar 2.1 *Wellbore Failure* (modifikasi dari Cook, dkk., 2011)

Blowout adalah aliran fluida formasi yang tidak terkontrol sebagai hasil dari kegagalan dalam pengontrolan tekanan bawah permukaan, bisa terjadi di permukaan atau secara internal. (Nabaei, dkk, 2011).

Kick adalah kondisi dimana aliran fluida formasi atau gas ke dalam lubang bor. *Kick* dapat disebabkan oleh hilangnya sirkulasi (*lost circulation*), tingginya tekanan horizon yang tidak normal dengan rendahnya berat lumpur, dan reduksi tekanan hidrostatik pada saat *swabbing*. Hilangnya sirkulasi (*lost circulation*) adalah kondisi masuknya lumpur kedalam formasi dalam keadaan yang sangat fluks rendah atau sangat tinggi. (Nabaei, dkk, 2011).

Dalam melakukan estimasi jumlah lumpur, digunakan perhitungan dengan parameter tekanan lumpur minimum yang dibatasi oleh tekanan pori dan oleh Sh_{min} (Cook dkk, 2011). Untuk mencari berat lumpur dapat dicari menggunakan persamaan:

$$Mw = \frac{Mp}{0,052 \times D} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.3}$$

dimana Mw = Berat Jenis Lumpur (ppg), Mp = Tekanan Lumpur (Psi), D = Kedalaman (feet)

Pada dasarnya ada dua tipe lumpur pengeboran, yaitu *water-based* dan *oil-based*, tergantung pada fase kontinunya

apakah air atau *oil*. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menambah atau mengganti massa jenis lumpur atau mengganti sifat kimia.

Water-based Mud adalah tipe lumpur pengeboran yang menggunakan air. Air itu dapat berupa *air tawar*, air payau air laut, tergantung dari yang paling cocok dengan sistem dan ketersediaan. *Water-based Mud* digunakan pada dominasi lapisan batupasir karena air sangat mudah mempengaruhi mineral lempung, ini dapat mengganggu proses pengeboran.

Oil-based Mud adalah tipe lumpur pengeboran yang menggunakan fluida minyak. Fluida yang digunakan sangat berguna terutama pada produksi, batuserpih dan formasi yang sensitif terhadap air seperti batulempung tidak terhidrasi atau *swelling*. *Oil-based Mud* juga sangat berguna dalam pengeboran dengan sudut tinggi, karena sifat pelumas dan friksi rendah antara pipa dan formasi dapat mengurangi torsi dan gesekan.

3. METODE

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan berbagai data yang berasal dari sumur RA pada lapangan gas Arun, Aceh, Sumatera Utara. Data yang terkumpul kemudian dipilah sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Setelah terkumpul kemudian dilakukan digitasi ulang agar semua data dapat terbaca dengan mudah dan membantu dalam melakukan penelitian. Kemudian dibuat profil litologi dari sumur RA dengan melihat data yang ada. Tahap selanjutnya yaitu mencari berat jenis lumpur menggunakan persamaan 2.3 dengan data berupa tekanan pori (Pp) dan tegasan horizontal minimum (Sh_{min}) yang dicari menggunakan persamaan 2.1 dan persamaan 2.2 berdasarkan *Wellbore Failure*. Tahap terakhir yaitu menentukan jenis lumpur yang harus digunakan dalam pengeboran agar menjaga kestabilan lubang sumur dengan cara menalisis litologi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Isi Hasil dan Pembahasan

1. Profil Litologi

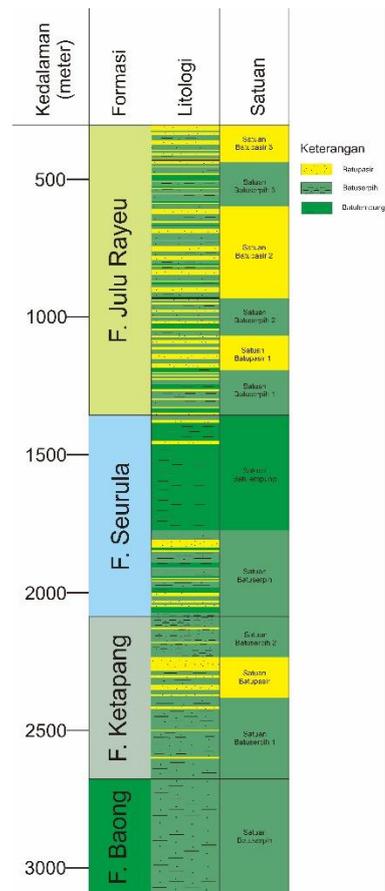
Formasi Baong terdapat pada kedalaman 2871m – 3096m. Formasi ini terisi oleh satuan Batuserpilh yang memiliki ciri berwarna abu-abu serta coklat keabuan, keras dan bertambah seiring dengan kedalaman menjadi sangat keras, karbonatan, pecah-pecah.

Formasi Keutapang terdapat pada kedalaman 2078m – 2671m. Formasi Keutapang terdiri dari litologi batuserpilh dan batupasir, tetapi secara umum pada sumur RA didominasi oleh batuserpilh. Batuserpilh pada formasi keutapang memiliki ciri berwarna coklat muda dan coklat tua, berbutir serpih sampai pasir sangat halus, sortasi buruk, keras, dan karbonatan. Batupasir pada formasi ini memiliki ciri berwarna abu muda sampai tua, berbutir sangat halus sampai halus, kekerasan sedang sampai keras, dan karbonatan.

Formasi Seurula terdapat pada kedalaman 1356,9 m – 2078,4 m. Formasi Seurula terdiri dari litologi batuserpilh, batulempung, dan batupasir. Batulempung pada formasi ini memiliki ciri berwarna abu muda sampai tua, sedang-keras, karbonatan. Batuserpilh memiliki ciri berwarna abu kecoklatan, keras, karbonatan. Batupasir memiliki ciri berwarna abu muda sedikit kecoklatan, sangat halus sampai halus, karbonatan, terdapat nodul batulempung.

Formasi Julu Rayeu terdapat pada kedalaman 310.8 m – 1356.6 m. Formasi ini terdiri dari litologi batupasir, batuserpilh, dan batulempung. Batupasir pada formasi ini memiliki ciri berwarna abu muda, halus-sampai kasar, lunak-agak keras, non karbonatan. Batuserpilh memiliki ciri berwarna abu kecoklatan, keras, dan karbonatan. Batulempung pada formasi ini memiliki ciri berwarna abu muda kehijauan, lunak, karbonatan. Terdapat sedikit lignit yang memiliki ciri berwarna coklat kehitaman, terdapat pirit.

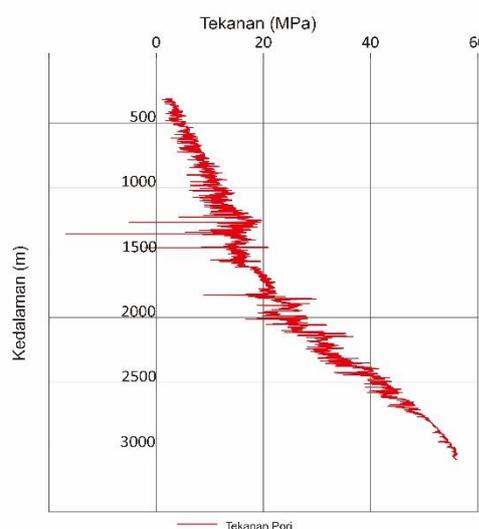
Berikut adalah stratigrafi dan profil litologi dari sumur Ra:



Gambar 4.1 Profil litologi sumur RA

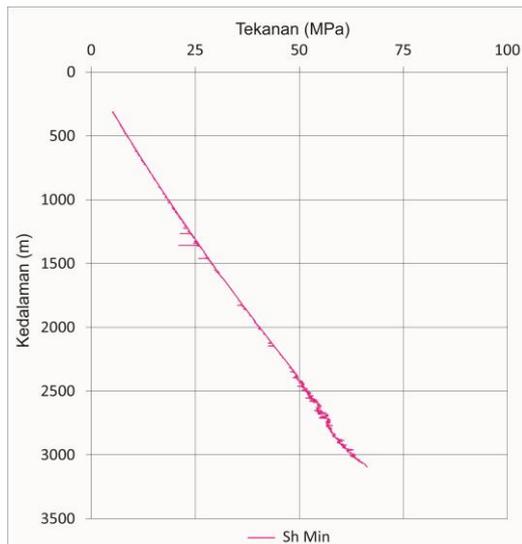
2. Tekanan Pori (Pp)

Berikut adalah nilai dari tekanan pori sumur RA yang disajikan dalam grafik:



Gambar 4.2 Grafik nilai Tekanan Pori pada sumur RA

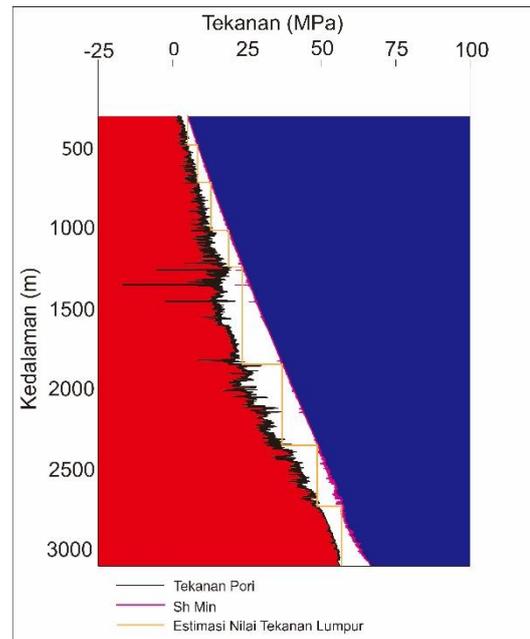
3. Tegasan Horizontal Minimum (Sh_{min})
 Nilai dari tegasan horizontal didapat dari hasil perhitungan persamaan 2.2 yang dikembangkan oleh Hubber dan Willis. Berikut adalah nilai dari tegasan horizontal minimum sumur RA yang disajikan dalam grafik:



Gambar 4.3 Grafik nilai Sh_{min} pada sumur RA

Penentuan berat jenis lumpur yang digunakan pada pengeboran sumur RA diawali dengan mencari *safe mud window* berdasarkan *wellbore failure* (Cook, 2011) yang di modifikasi. *Safe mud window* tersebut terbentuk dari hasil plot nilai tekanan pori (Pp) dan tegasan horizontal minimum (Sh_{min}) dalam hal ini adalah *fracture gradien*.

Setelah diketahui zona-zona tekanan lumpur pada sumur RA, kita dapat mengambil kesimpulan bahwa jumlah lumpur yang aman adalah apabila nilai tekanan lumpur berada diantara tekanan pori dan Sh_{min} atau dapat disebut dengan zona putih (gambar 4.4). Dengan demikian kita dapat mendesain tekanan lumpur yang digunakan dalam pengeboran nantinya pada sumur RA. Berikut adalah estimasi dari tekanan lumpur yang di plot kedalam *mud window* sumur RA:



Gambar 4. 4 Desain estimasi tekanan lumpur pada Sumur RA

Dengan melihat desain estimasi dari tekanan lumpur diatas, kita dapat mengetahui berat lumpur yang aman pada setiap kedalaman. Berikut adalah tabel dari estimasi berat lumpur berdasarkan kedalaman sumur RA:

Tabel 4.1 Estimasi berat jenis lumpur berdasarkan kedalaman pada sumur RA

No	Kedalaman (m)	Tekanan (MPa)	Berat Jenis Lumpur (gr/cm ³)
1	310,8 - 487,232	5,059	1,057 - 1,658
2	487,232 - 720,106	8,417	1,190 - 1,759
3	720,106 - 1018,396	12,922	1,282 - 1,828
4	1018,396 - 1246,414	18,876	1,542 - 1,888
5	1246,414 - 1848,387	23,492	1,294 - 1,920
6	1848,387 - 2354,644	36,832	1,593 - 2,029
7	2354,644 - 2732,732	48,601	1,811 - 2,102
8	2732,732 - 3096,16	56,773	1,868 - 2,116

Berat jenis lumpur pada tabel merupakan hasil perhitungan berat lumpur yang dicari dengan menggunakan persamaan 2.3. Dari kisaran berat jenis lumpur pada tabel 4.1 dapat dilakukan penyederhanaan berat jenis dengan cara mencari irisan dari setiap nilai pada kedalaman tertentu.

Penentuan jenis lumpur dilakukan dengan menganalisis litologi pada sumur RA dan berat jenis lumpur efektif aman. Berikut adalah jenis lumpur rekomendasi dalam pengeboran sumur RA:

Kedalaman (meter)	Formasi	Litologi	Satuan	JenisLumpur dan Berat Jenisnya
500	F. Julu Rayeu	[Litologi]	Satuan Batupasir 3	Water Base Mud 1,593 - 1,658 gr/cm ³
1000			Satuan Batuserph 3	
			Satuan Batupasir 2	
			Satuan Batuserph 2	
1500	F. Seurula	[Litologi]	Satuan Batupasir 1	Oil Base Mud 1,593 - 1,658 gr/cm ³
			Satuan Batuserph 1	
2000	F. Kelajang	[Litologi]	Satuan Batuserph 2	Oil Base Mud 1,868 - 2,102 gr/cm ³
2500			Satuan Batupasir	
	3000	F. Barong	[Litologi]	Satuan Batuserph 1

Gambar 4. 5 Jenis Lumpur dan Berat Jenisnya pada sumur RA

5. KESIMPULAN

Kestabilan lubang sumur yang pada sumur RA adalah dengan membuat *Wellbore Failure*. *Wellbore Failure* sumur RA menghasilkan 3 zona, yaitu; zona merah yang berarti ini dapat menyebabkan keruntuhan lubang sumur, zona putih yang berarti zona stabil, zona biru yang berarti dapat menyebabkan terjadinya hilangnya sirkulasi. Berat jenis lumpur dan data litologi perlapisan sumur RA dijadikan alasan dalam menentukan jenis lumpur yang aman digunakan. Jenis lumpur aman sumur RA yaitu dengan *Water-based Mud* pada kedalaman 310,8 m - 1375,15 m

dengan berat jenis lumpur 1,596-1,658 g/cm³, setelah itu dilakukan perubahan menjadi *Oil Base Mud* pada kedalaman 1375,16 m – 2354,644 m dengan berat jenis lumpur sama, kemudian dilakukan upaya peningkatan berat jenis lumpur pada kedalaman 2354,644 m menjadi 1,868 – 2,102 g/cm³.

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.
- Hantschel T, dan Kaureauf A.I., 2009. *Fundamental of Basin and Petroleum System Modeling*. Berlin : Springer-Verlag
- Lake, W.L dan Mitchell, R.F. 2006. *PEH: Geomechanics Applied to Drilling Engineers*. USA: Society of Petroleum Engineers.
- Lily. 2014. *Advantages and Disadvantages of Water and Oil-based Mud*. China : Kosun Machinery
- McNally, G.H., 1987. *Geotechnical Applications and Interpretation of Downhole Geophysical Logs*. ACIRL Coal Research Report 87-7, November, p. 62. ISBN 0 86772 329
- Nabaei, Mohammad, Moazeni A, Ashena R, da Roohi A. 2011. *Complete Loss, Blowout and Exlposion of Shallow Gas, Infelicitous Horoscope in Middle East*. Austria : SPE International.
- Schon, J.H. 2011. *Physical Properties of Rocks: A Workbook. Handbook of Petroleum Exploration and Production*. UK: Elsevier.
- Soeparjadi, R.A. 1983. *Geology of Arun Gas Field*. SPE Paper No.10486. Presented at Offshore South East Asia Conference. Singapore 21-24 Februari 1982.
- Sosromiharjo, S.P.C. 1988. *Structural Analysis of the North Sumatra*

- Basin-with emphasis on Synthetic Apertur Radar Data.* Indonesia : Indonesian Petroleum Association
- Wikel, Kurt. 2011. *Geomechanics: Bridging the Gap from Geophysics to Engineering in Unconventional Reservoir.* Canada : Petrobank Energy and Resource
- Zoback, M.D. 2007. *Reservoir Geomechanics.* New York : Cambridge University Press.