

**PREDIKSI KANDUNGAN GAS METANA BATUBARA BERDASARKAN FORMULA “KIM”  
DENGAN STUDI KASUS DI INDONESIA BAGIAN BARAT**Sobarin, O.,<sup>1</sup> Yunitha, R.I.P.<sup>1</sup>, Sukiyah, E.,<sup>2</sup> dan Sunardi, E.<sup>2</sup><sup>1</sup>PT. Bumi Parahyangan Energi, Gedung Gajah Blok AM Jl. Dr.Saharjo No.111 Jakarta 12810<sup>2</sup>Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang km 21 Jatinangor

E-mail: Osobarin@ptbpe.com

**ABSTRAK**

Cadangan batubara sangat besar telah diketahui berada di wilayah Indonesia bagian barat. Cadangan tersebut berasal dari 11 cekungan, yang tersebar mulai dari Sumatera Utara, Jawa, hingga Kalimantan. Batubara di wilayah tersebut pada umumnya berumur Tersier (2-5 juta tahun yang lalu), berupa *sub-bituminous* sampai lignit. Seiring dengan cadangan migas yang mulai menipis, kandungan gas metana dalam batubara menarik untuk dijadikan sebagai sumber energi selain migas. Oleh karena itu, Pemerintah Indonesia telah membuka konsesi area penambangan gas metana batubara melalui sistem tender. Setiap perusahaan sebagai peserta tender diwajibkan menyerahkan laporan teknis yang disertai dengan perhitungan keekonomiannya. Prediksi kandungan gas metana dalam batubara menjadi hal yang sangat penting. Salah satu metode perhitungan kandungan gas metana yang umum digunakan adalah Formula Kim. Formula ini merupakan rumus empiris yang dibuat oleh Kim (1977) berdasarkan data batubara yang berumur Pensilvanian di *Northern Appalachian Basin*, dengan rangking batubara dari *Anthracite* sampai *high-volatile bituminous*. Artikel ini membahas akurasi Kim's Formula apabila diaplikasikan pada batubara di Indonesia bagian barat yang mempunyai umur relatif masih muda dengan rangking relatif masih rendah.

**Kata kunci:** Formula Kim, batubara, gas metana, energi alternatif

**ABSTRACT**

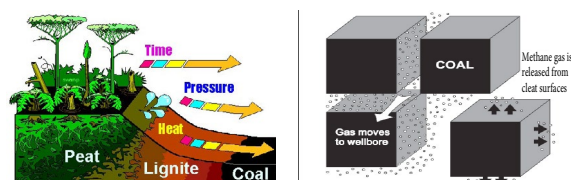
Western Indonesia is well known has a huge coal reserves from 11 Tertiary basins spread out from Northern Sumatra, Java up to Borneo Islands. Generally the coal of Western Indonesia is a sub-bituminous to lignite tertiary coal. With a huge amount of coal reserves, Indonesian Government open to the public some concessions for the CBM explorations with a bidding system. It is a must to every company who take participations in the bidding round to make a technical report together with an economic calculation, and in turn the coal methane gas content be a crucial matter to be known. A very common method and very possible to be done at this stage is to predict the methane gas content by using Kim's Formula. Kim's Formula was a formula empirically made by Ann G Kim (1977) based on Pennsylvanian Northern Appalachian Basin coal which have ranked from anthracite to high-volatile bituminous. The papers is intended to see how accurate the Kim's formula if it is applied in western Indonesia coal which has a much younger in ages and low rank coal.

**Key words:** Kim's formulation, coal, methane gas, alternative energy.

**PENDAHULUAN**

Kebutuhan energi semakin meningkat, seiring dengan peningkatan populasi umat manusia di dunia. Minyak dan gas bumi (migas) merupakan salah satu sumber energi yang tidak bisa diperbaharui, Jenis energi ini sering disebut energi fosil, karena berasal dari jasad renik yang telah mati puluhan juta tahun yang lalu. Hingga kini, cadangan migas sudah mulai menipis akibat eksploitasi yang terus-menerus, sementara itu penemuan cadangan baru tidak signifikan.

Akhir-akhir ini, gas metana yang terdapat dalam lapisan batubara (*coal bed methane*, disingkat CBM) mulai diperhitungkan sebagai salah satu sumber energi selain gas konvensional (Gambar 1). Berbagai perusahaan migas mulai melakukan eksplorasi jenis gas ini. Pemerintah Indonesia bahkan telah membuka konsesi area penambangan CBM melalui sistem tender. Setiap peserta tender diwajibkan menyerahkan laporan teknis yang disertai dengan perhitungan keekonomiannya. Prediksi kandungan gas metana dalam batubara menjadi hal yang sangat penting.



Gambar 1. Proses pembentukan gas metana dalam lapisan batubara (Andrew, 1987)

Eksplorasi CBM merupakan tahap penentuan kawasan yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai kawasan produksi. CBM memiliki keunikan sistem yang tidak sama dengan gas konvensional (Anonim, 2011). CBM bersifat *adsorb*, yang berarti gas akan keluar dari permukaan matriks batubara secara alami. Batubara sebagai *source rock* sekaligus sebagai *reservoir*. Fenomena ini terbukti dengan adanya kebakaran atau ledakan pada permukaan tambang batubara akibat CBM yang keluar. Kondisi ini mengakibatkan penambangan batubara *underground* sulit untuk direalisasikan, karena kandungan gas metana yang semakin tinggi seiring dengan peningkatan kedalaman keterdapat batubara tersebut.

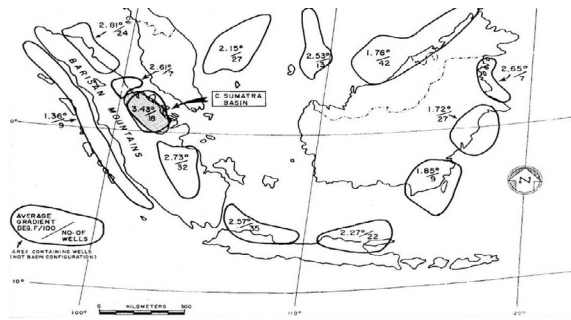
Banyak cara untuk memprediksi cadangan gas metana batubara, salah satunya menggunakan formula yang dikemukakan oleh Kim (1977). Rumus dasar perhitungan kandungan gas metana dalam batubara adalah:  $V = k P^n \dots\dots (1)$  dengan V (volume

gas metana dalam m<sup>3</sup>/ton dari sampel batubara MAF (*moisture and Ash Free*); k (konstanta dalam m<sup>3</sup>/ton/atm); n (konstanta); dan P (tekanan dalam atm).

Konstanta “k” dan “n” nilainya bervariasi sesuai dengan kondisi temperaturnya. Agar lebih praktis, nilai konstanta tersebut ditentukan pada temperatur yang tetap sehingga tidak diperlukan pengukuran secara berulang untuk setiap kenaikan temperatur (Kim,1977).

Pengaruh temperatur terhadap kandungan gas metana batubara dapat diperkirakan dengan menggunakan formula sebagai berikut:  $V = k_0 P^{n_0} - b T$  .... (2) dengan konstanta “k” dan “n” ditentukan pada 0°C; b (konstanta dalam m<sup>3</sup>/ton/°C); dan T (temperatur dalam °C). Pada temperatur 0°C, formula (2) akan menjadi:  $V = k_0 P^{n_0}$  ..... (3) dalam bentuk logaritma, formula (3) akan menjadi:  $\log V = \log k_0 + n_0 \log P$  ... (4)

Formula (4) ini merupakan bentuk persamaan regresi linear sederhana. Jika nilai V diplot pada tekanan P tertentu maka konstanta k<sub>0</sub> adalah *intercept*-nya dan konstanta n<sub>0</sub> adalah kemiringannya. Nilai k<sub>0</sub> dan n<sub>0</sub> dapat dihubungkan dengan nilai *fuel ratio* (FC/VM = *Fixed Carbon / Volatile Matter*), dengan hubungan seperti berikut (Kim,1977):  $k_0 = 0,79 FC/VM + 5,62$  .... (5)  $n_0 = 0,39 - 0,013k_0$  .... (6) *Moisture* dan *ash content* merupakan faktor yang dapat mengurangi volume gas metana batubara. *Moisture* adalah kandungan air yang diserap oleh batubara pada saat pembentukannya atau disebut juga *inherent moisture*. *Moisture* ini bersaing dengan molekul gas metana untuk mendapatkan tempat di atas permukaan *microspore* batubara. Semakin tinggi nilai *moisture*, maka akan semakin rendah kandungan gas tersebut. *Ash content* adalah zat *inorganic* yang tidak mempunyai daya serap. Dengan memasukan faktor ini sebagai koreksi maka formula (2) akan menjadi (Kim,1977):  $V = \frac{(100 - \% moisture - \% ash)}{100} V_d (k_0 P^{n_0} - b T)$  .... (7). Nilai P dan T merupakan fungsi dari kedalaman. Pada kedalaman tertentu nilai P dianggap sama dengan *hydrostatic head* dengan rumus sebagai berikut (Kim, 1977):  $P = 0,096 h$  .... (8) dengan “h” adalah kedalaman. *Gradient geothermal temperature* pada setiap cekungan di Indonesia nilainya berbeda beda (Sheidl, 1977). Gradien temperatur tersebut harus disesuaikan dengan cekungan pembentukan batubara yang sedang ditelaah (Gambar 2).



Gambar 2. *Geothermal gradient* rata-rata pada cekungan-cekungan di Indonesia bagian barat (Sheidl, 1977).

Temperatur permukaan merupakan temperatur awal yang dipakai untuk menghitung temperatur bawah permukaan pada setiap kedalaman yang dikehendaki. Lemigas pada penelitiannya di daerah Sumatera Selatan menentukan temperatur permukaan sebesar 20°-22°C. Sebagai contoh “T” untuk prediksi kandungan gas metana pada batubara di daerah

Sumatera Selatan adalah:  $T = 4,97 \frac{h}{100} + 22$  .... (9)

Sedangkan untuk daerah Sumatera Tengah nilai “T” adalah  $T = 6,24 \frac{h}{100} + 22$  ..... (10) Pemakaian Formula Kim secara langsung akan memberikan nilai kandungan gas yang berbeda dengan yang seharusnya tersedia. Oleh karena itu, validasi formula Kim perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai yang signifikan.

Persentase kesalahan dihitung untuk setiap parameter yang dipakai dan ditentukan parameter Vw/Vd yang dianggap paling mendekati volume gas hasil pengukuran langsung. Kim’s formula yang dipakai dalam perhitungan di daerah Nibung adalah:  $V = \frac{(100 - \% moisture - \% ash)}{100} \cdot 0,30(k^o (0,096h)^{n_0} - 0,14(4,97 \frac{h}{100} + 22))$  ..... (11).

Hasil perhitungan dengan menggunakan Kim’s Formula tersebut menghasilkan nilai yang paling mendekati hasil pengukuran langsung dari sampel dalam Canister dengan kesalahan sebesar 19%. Nilai kandungan gas yang mendekati nilai sebenarnya dapat diperoleh dengan memvalidasi Kim’s Formula secara keseluruhan dengan nilai 1,19. Kim’s Formula untuk daerah Nibung, Sumatera Selatan menjadi:  $V = \left[ \frac{(100 - \% moisture - \% ash)}{100} \cdot 0,30 (k^o (0,096h)^{n_0} - b(4,97 \frac{h}{100} + 22)) \right] \times 1,19$  ..... (12).



Gambar 3. *Canister test* untuk pengukuran kandungan gas, *adsorption*, *desorption*

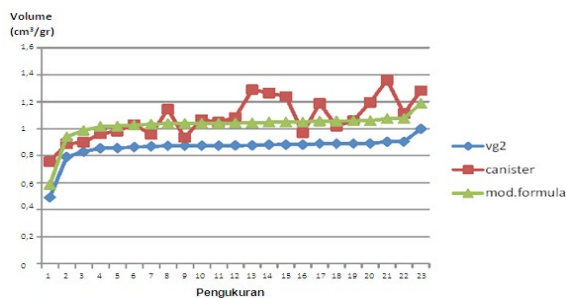
Dengan hasil perhitungan dan grafik terlihat seperti pada Gambar 4 dan Tabel 1.

Data *Langmuir isotherm* di daerah Rambutan tidak disajikan dengan lengkap, perhitungan volume gas dengan menggunakan *Kim’s Formula*, dilakukan dengan mengikuti prosedur seperti yang dilakukan di daerah Nibung. Data *gradient* tekanan dan temperatur serta temperatur permukaan yang dipakai adalah data untuk Sumatera Selatan, sehingga formula akhir yang dipakai adalah sebagai berikut:

$$V = \frac{100 - \% \text{ moisture} - \% \text{ ash}}{100 + 22)} \dots\dots\dots (13).$$

Tabel 1. Hasil perhitungan volume CBM (cm<sup>3</sup>/gr) di daerah Nibung

No.	vg <sup>2</sup> res	vg <sup>2</sup>	Volume hasil pengukuran canister	Volume CBM formula Kim modifikasi
1	-0,35172	0,491960	0,758866	0,585432604
2	-0,10928	0,791226	0,888297	0,941559393
3	-0,07704	0,830522	0,899844	0,988321633
4	-0,11378	0,855047	0,964828	1,017505366
5	-0,12624	0,857341	0,981209	1,020236007
6	-0,16218	0,864369	1,031692	1,028598598
7	-0,09322	0,869532	0,958921	1,034742542
8	-0,23605	0,874121	1,144206	1,040203825
9	-0,06421	0,874981	0,935021	1,041227816
10	-0,18124	0,875268	1,069018	1,041569146
11	-0,16439	0,875555	1,047804	1,041910476
12	-0,19134	0,876416	1,083787	1,042934467
13	-0,31995	0,877276	1,290018	1,043958457
14	-0,30345	0,881722	1,265850	1,049249076
15	-0,28804	0,882493	1,239534	1,050166672
16	-0,08896	0,883156	0,969393	1,050955727
17	-0,25164	0,889036	1,187977	1,057952996
18	-0,12693	0,889255	1,018534	1,058213241
19	-0,16097	0,890183	1,060962	1,059318317
20	-0,25517	0,891044	1,196301	1,060342308
21	-0,33625	0,903665	1,361447	1,075360837
22	-0,18669	0,904382	1,111983	1,076214162
23	-0,22097	0,998893	1,282231	1,188682468



Gambar 4. Grafik perbandingan volume gas hasil pengukuran (canister), hasil perhitungan dengan formula Kim, dan hasil perhitungan menggunakan modifikasi formula Kim pada daerah Nibung

**BAHAN DAN METODE**

Prediksi jumlah gas yang dapat terserap oleh batubara dengan memakai *Kim’s Formula* melibatkan data proksimat batubara, ultimat batubara, dan *adsorption isotherm*. Masing-masing data diperoleh melalui pengujian laboratorium terhadap setiap contoh batubara dari berbagai kedalaman dan daerah yang berbeda-beda. Data kandungan CBM hasil pengukuran langsung menggunakan canister (Gambar 3) adalah data yang diperoleh dari “hasil pemboran dalam” batubara. Contoh batubara yang dianalisis di laboratorium, mencakup kandungan proksimat, ultimat, serta analisis petrografinya dilakukan pada batubara yang berasal dari contoh inti batuan yang diambil dari dalam *canister*.

Data dalam penelitian ini juga diperoleh dari “laporan pemboran dalam” yang dilakukan oleh Direktorat Sumber Daya Geologi dan Lemigas yang memenuhi persyaratan. Berikut sumber data yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Pemboran dalam Batubara di Cekungan Ombilin, Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat (Anonim, 2010).
2. Pemboran dalam dan Pengukuran Kandungan Gas Pada Lapisan Batubara Daerah Nibung, Kabupaten Musirawas, Provinsi Sumatra Selatan (Sumaatmadja, 2001).
3. Peranan Laboratorium CBM-Lemigas dalam Menunjang Pilot Project CBM Lapangan Rambutan, Sumatera Selatan (Purnomo dkk, 2008).

Prediksi kandungan gas metana batubara menggunakan pendekatan deterministik dengan memvalidasi *Kim’s Formula*. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil perhitungan volume gas memakai *Kim’s Formula* dan hasil pengukuran langsung dari *Canister*. Statistik deskriptif juga digunakan dalam analisis data.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dua contoh data *Langmuir Adsorption Isotherm* dari daerah Nibung Sumatera Selatan pada sampel CAR (*coal as received*) nilainya adalah 5,35 dan 2,44 m<sup>3</sup>/ton sedangkan pada sampel DAF (*dry and ash free*) masing-masing adalah 8 dan 8,10 m<sup>3</sup>/ton, sehingga nilai Vw/Vd yang didapat dari kedua perbandingan ini adalah 67% dan 30%, dengan nilai rata-rata 48,5%. Analisis proksimat dan ultimat dilakukan pada contoh batubara dari daerah Nibung yang terdapat dalam *Canister*, sehingga data tersebut terhubung langsung dengan kandungan gas hasil pengukurannya. Hasil perhitungan volume gas dengan memakai *Kim’s Formula* dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung dari *Canister* (Tabel 1).

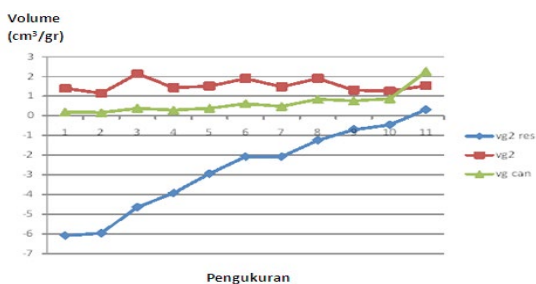
Data proksimat dan ultimat daerah Lapangan Rambutan diperoleh dari contoh batubara yang berasal dari dalam *Canister*, sehingga data tersebut terhubung langsung dengan gas hasil pengukurannya. Hasil perhitungan volume gas dengan memakai

Kim's Formula kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung dari *Canister*. Persentase kesalahan dihitung untuk setiap parameter yang dipakai dan ditentukan parameter Vw/Vd yang mana yang paling mendekati volume gas hasil pengukuran langsung (Tabel 2). Secara grafis dapat dilihat bahwa parameter Vw/Vd 2 sebesar 30% adalah nilai yang paling mendekati hasil pengukuran langsung (Gambar 5) dengan *error* atau *residual* rata-rata sebesar 2,73. Formula akhir yang dipakai untuk daerah Rambutan adalah sebagai berikut:

$$V = \left[ \frac{(100 - \% \text{moisture} - \% \text{ash})}{100} \times 0,3 (k_o (0,096h)^{no} - 0,14(4,97 \frac{h}{100} + 22)) \right] \times 1,7 \dots \dots \dots (14).$$

Tabel 2. Hasil perhitungan volume CBM (cm<sup>3</sup>/g) di daerah Rambutan

No.	vg <sup>2</sup> res	vg <sup>2</sup>	Volume hasil pengukuran canister	Volume CBM formula Kim modifikasi
1	-6,088750	1,396483	0,1970	2,374022
2	-5,959340	1,148292	0,1650	1,952096
3	-4,636430	2,136207	0,3790	3,631552
4	-3,925560	1,433337	0,2910	2,436673
5	-2,938030	1,508266	0,3830	2,564051
6	-2,072320	1,895621	0,6170	3,222556
7	-2,067160	1,478369	0,4820	2,513228
8	-1,242980	1,897558	0,8460	3,225848
9	-0,701160	1,299689	0,7640	2,209471
10	-0,452750	1,263891	0,8700	2,148615
11	0,325075	1,527356	2,2630	2,596505
Kumulatif	-29,759400	16,985070	7,2570	28,874620
Rata-rata	-2,705400	1,544097	0,6597	2,624965



Gambar 5. Grafik perbandingan volume gas hasil pengukuran (canister), hasil perhitungan dengan formula Kim, dan hasil perhitungan menggunakan modifikasi formula Kim pada daerah Rambutan

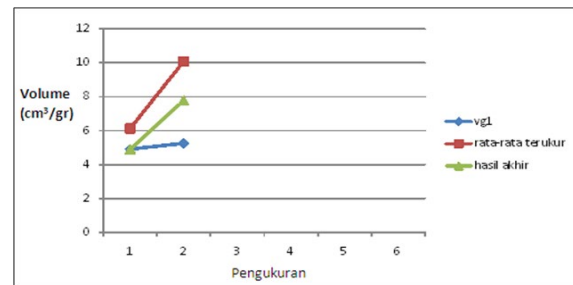
Berdasarkan hasil analisis proksimat dan ultimat, batubara daerah Ombilin agak berbeda dengan batubara yang dibahas di Sumatra Selatan. Batubara di daerah Ombilin berasal dari Formasi Ombilin yang berumur Eosen (Koesoemadinata, 1981) dengan kadar kalori berkisar dari 7400-7700 cal/kg.

Daerah Ombilin diasumsikan terletak di cekungan Sumatra Tengah. Perhitungan gas dilakukan dengan

parameter yang sedikit berbeda dengan yang dipakai di daerah Nibung dan Rambutan yang terletak di Sumatra Selatan. Gradien temperatur Sumatera Tengah mempunyai gradien temperatur yang tertinggi diantara cekungan-cekungan pengendapan di Indonesia bagian barat, yaitu sebesar 6,24° C/100 m. Rumus lengkap yang dipakai di daerah Ombilin adalah sebagai

$$berikut: V = \frac{(100 - \% \text{moisture} - \% \text{ash})}{100} \frac{Vw}{Vd} (k_o (0.096h)^{no} - 0,14(6.24 \frac{h}{100} + 22)) \dots \dots (15).$$

$$V = \left[ \frac{(100 - \% \text{moisture} - \% \text{ash})}{100} \times 0,86 (k_o (0,096h)^{no} - 0,14(6.24 \frac{h}{100} + 22)) \right] \times 1,33 \dots (16).$$



Gambar 6. Hasil akhir modifikasi formula Kim untuk perhitungan kandungan CBM di daerah Nibung dan Rambutan

Tabel 3. Hasil perhitungan volume CBM (cm<sup>3</sup>/gr) menggunakan formula Kim modifikasi di daerah Nibung (1) dan Rambutan (2)

No.	Tingkat kesalahan (%)	Volume CBM Formula Kim	Volume CBM Hasil pengukuran	Volume CBM formula Kim modifikasi
1	0,199847	4,900935747	6,125000	4,9009357
2	0,479023	5,252426579	10,081875	7,7684588

**SIMPULAN**

Perbandingan daya *adsorpsi* batubara pada saat basah dan kering atau Vw/Vd yang paling mendekati nilai pengukuran volume gas metana terukur adalah 30% dengan *error* atau *residual* rata-rata sebesar 0,19. Kim's Formula yang telah dimodifikasi untuk daerah

Nibung adalah:  $V, \text{ cm}^3/\text{g} = \left[ \frac{(100 - \% \text{moisture} - \% \text{ash})}{100} \times 0,3 (k_o (0,096h)^{no} - 0,14(4,97 \frac{h}{100} + 22)) \right] \times 1,19$ ; Untuk daerah Rambutan, perbandingan daya *adsorpsi* batubara pada saat basah dan kering atau Vw/Vd yang paling mendekati nilai pengukuran volume gas metana terukur adalah juga 30% dengan *error* atau *residual* rata-rata sebesar -2,73. Kim's Formula yang telah dimodifikasi untuk daerah lapangan Rambutan adalah:  $V, \text{ cm}^3/\text{g} = \left[ \frac{(100 - \% \text{moisture} - \% \text{ash})}{100} \times 0,3 (k_o (0,096h)^{no} - 0,14(4,97 \frac{h}{100} + 22)) \right] \times 1,7$ ; Daerah Ombilin merupakan daerah

dikategorikan kedalam cekungan Sumatera Tengah dengan *gradient Geothermal* yang paling tinggi dibandingkan dengan seluruh cekungan pengendapan di Indonesia Barat yaitu sebesar 6,24°C. Batubara di daerah Ombilin berasal dari Formasi Ombilin yang berumur Eosen dengan nilai kalori sebesar 7400-7700 cal/kg. Perbandingan daya *adsorpsi* batubara pada saat basah dan kering yang dipakai pada Kim's Formula yang paling mendekati nilai hasil pengukuran langsung yaitu 0,86 dengan *error* sebesar 0,33. Kim's Formula yang sudah dimodifikasi untuk daerah Ombilin adalah:  $V, cm^3/g = \left[ \frac{(100 - \% \text{ moisture} - \% \text{ ash})}{100} \cdot 0,86 \cdot (k_o (0,096h)^{n_o} - 0,14(6,24 \cdot 100 + 22)) \right] \times 1,33$ . Dari hasil perhitungan pada 3 daerah dengan 2 cekungan yang berbeda, maka disimpulkan tidak terdapat konsistensi kedekatan nilai volume gas metana dengan memakai Kim's Formula yang sudah dimodifikasi dengan nilai volume gas metana hasil pengukuran langsung. Perlu dilakukan penelitian untuk menentukan nilai konstanta  $k_o$ ,  $n_o$  dan  $b$  agar didapat formula yang lebih baik lagi untuk dapat dipakai di Indonesia.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andrew, C.S. 1987. Coal and coal-bearing Strata: Recent advances and future prospects, Geological Society, London. Special Publications, v.32: 1-6
- Anonim, 2010. Pemboran Dalam Batubara di Cekungan Ombilin, Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Pusat Sumber Daya Geologi.
- Anonim. 2011. Panduan teknis untuk gas metana batubara. WP & B2011: 10 halaman.
- Kim, A.G. 1977. Estimating methane content of bituminous coalbeds from adsorption data/ by Ann G.Kim. (Washington) : U.S.Dept. of the Interior, Bureau of Mines.
- Koesoemadinata, R.P. & Matasak. 1981. Stratigraphy and Sedimentation Ombilin Basin, Central Sumatra , 10th IPA Annual Proceeding.
- Levine, J.R. 1991. The Impact of Oil Formed During Coalification on Generation and Storage of Natural Gas in Coalbed Reservoir Systems. Proceeding of the 1991 Coalbed Methane Symposium.
- Purnomo, H., Syahrial, E., Bambang, A.W, & Kosasih. 2008. Peranan Laboratorium CBM-Lemigas Dalam Menunjang Pilot Project CBM lapangan Rambutan, Sumatra Selatan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "Lemigas".
- Sumaatmadja, E.R. & Iskandar. 2001. Penyelidikan Batubara Bersistim Dalam Cekungan Sumatera Selatan di Daerah Nibung dan Sekitarnya, Kabupaten Sarolangun, Propinsi Jambi, Kabu-paten Batangleko dan Musirawas, Propinsi Sumatra Sealatan. Sub Direktorat Batubara.
- Sheidl., Peter, F. 1977. Geology and Methane Content at the Upper Freeport Coalbed in Fayette County, Pa. Bereau of Mines, U.S. Departement of the Interior.
- Tobing, S.M. & Wibisono, S.A. 2010. Pemboran Dalam dan Pengukuran Kandungan Gas pada Lapisan Batubara Daerah Nibung, Kabupaten Musirawas, Provinsi Sumatra Selatan, KP Energi Fosil, Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Geologi.