

## HUBUNGAN PERINGKAT BATUBARA TERHADAP KANDUNGAN GAS METANA BATUBARA FORMASI WARUKIN BAGIAN TENGAH PADA SUMUR BSCBM-01, KABUPATEN PASER, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

Sigit A. Wibisono, Eddy A. Subroto

Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung (ITB), Jl. Ganesha No.10, Bandung, Jawa Barat, Indonesia, 40132, Email: [sigit\\_102@yahoo.com](mailto:sigit_102@yahoo.com) & [subroto@gc.itb.ac.id](mailto:subroto@gc.itb.ac.id)

**Sari** - Analisis proksimat dan ultimat yang dilakukan terhadap 11 sampel batubara menunjukkan bahwa batubara Formasi Warukin bagian tengah pada sumur BSCBM-01 termasuk dalam klasifikasi peringkat batubara subbituminus dan mempunyai kerogen dominan tipe III yang cenderung menghasilkan gas. Selain itu, sampel teranalisis mempunyai kandungan air total 9,03 – 15,54%, kandungan sulfur 0,33 - 5,43%, kadar karbon tertambat 16,38 - 46,05%, kadar abu 2,24 - 60,89%, kadar zat terbang 19,77 - 50,25% dan nilai kalori 2.357 - 7.008 kal/g. Hasil analisis kandungan gas yang dilakukan terhadap 10 sampel batubara pada kedalaman 100 - 400 m menunjukkan bahwa sampel teranalisis mempunyai kandungan gas total 2,28 - 121,28 scf/ton dan persentase gas metana 12,04 – 96,32%.

**Kata kunci:** batubara, proksimat, ultimat, kandungan gas, metana.

**Abstract** - Proximate and ultimate analysis performed on 11 coal samples indicate that the coal of the middle Warukin Formation at the BSCBM-01 well belongs to the rank classification of subbituminous coal and has dominant type III kerogen which tends to produce gas. In addition, the analyzed samples had a moisture 2.96 - 6.85%, sulfur 0.33 - 5.43%, fixed carbon 16.38 - 46.05%, ash 2.24 - 60.89%, volatile matter 19.77 - 50.25% and calorific value 2,357 - 7,008 cal/g. The result of gas content analysis on 10 coal samples at 100 - 400 m depth showed that the analyzed samples had total gas content 2.28 - 121.28 scf/ton and the percentage of methane 12.04 - 96.32%.

**Keywords:** coal, proximate, ultimate, gas content, methane.

### 1. PENDAHULUAN

Batubara didefinisikan sebagai suatu endapan yang terdiri dari bahan-bahan organik maupun anorganik yang terbentuk akibat hasil akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang telah mengalami pemadatan melalui proses ubahan secara kimia serta metamorfosa oleh panas dan tekanan selama waktu geologi (Wood dkk., 1983). Gas metana batubara merupakan gas yang dapat terbentuk selama proses pematubaraan, berasal dari material organik yang mengalami ubahan akibat pengaruh biokimia dan geokimia (Levine, 1993). Menurut Flores (2004), gas metana (CH<sub>4</sub>) dihasilkan dari proses alami, terperangkap dan terserap di dalam lapisan batubara (pori-pori batubara) selama proses pematubaraan.

Maksud penelitian ini adalah melakukan analisis proksimat, ultimat, dan kandungan gas sampel batubara Formasi Warukin bagian tengah pada sumur BSCBM-01 dengan tujuan untuk mengetahui hubungan peringkat dan tipe batubara terhadap kandungan gas metana dalam batubara.

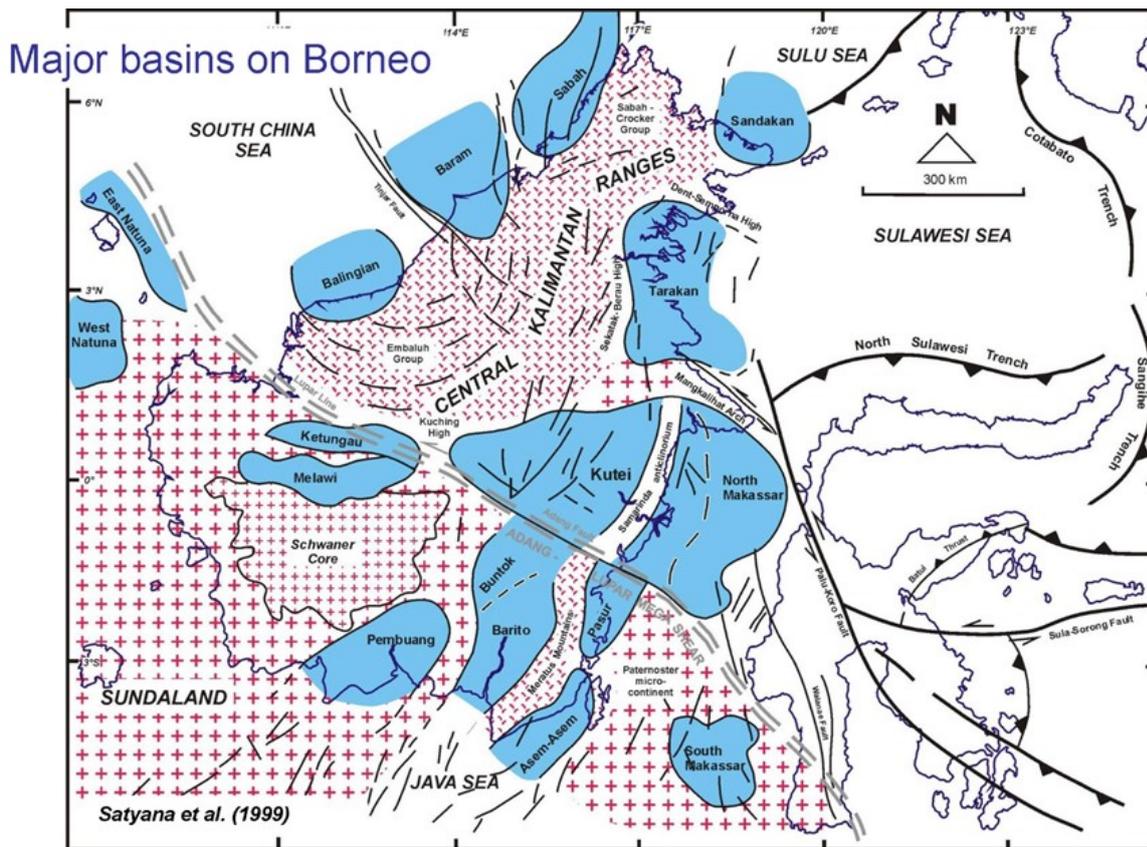
Daerah penelitian secara administratif termasuk dalam wilayah Desa Busui, Kecamatan Batusopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi ini terletak sekitar 175 km barat daya Kota Balikpapan, sedangkan secara geografis, daerah penelitian terletak pada koordinat 115°45'00" - 115°50'00" Bujur Timur dan 1°45'00" - 1°50'00" Lintang Selatan (**Gambar 1**).



**Gambar 1.** Peta lokasi daerah penelitian.

**2. GEOLOGI DAERAH PENELITIAN**  
 Satyana dkk., (1999), telah membagi Pulau Kalimantan menjadi empat belas unit kerangka tektonik yang berbeda. Kerangka tektonik tersebut meliputi Cekungan Tarakan, Tinggian Sempurna, Tinggian Kuching, Pegunungan Mangkalihat,

Cekungan Ketungau, Cekungan Melawi, Cekungan Kutai, Pegunungan Schwaner, Pelataran Paternoster, Cekungan Barito, Tinggian Meratus, Subcekungan Asem-Asem, Subcekungan Pasir, dan Cekungan Makassar Utara (**Gambar 2**).



**Gambar 2.** Peta fisiografi Pulau Kalimantan (Satyana dkk., 1999).

Daerah penelitian termasuk dalam wilayah Subcekungan Pasir. Subcekungan Pasir terletak di bagian timur Cekungan Barito yang dibatasi oleh Tinggian Meratus. Subcekungan Pasir mempunyai tatanan stratigrafi yang rumit dan ciri litologi yang terdapat dalam subcekungan ini mempunyai kesamaan dengan Cekungan Barito, sehingga beberapa peneliti memasukkan subcekungan tersebut menjadi bagian dari Cekungan Barito. Pada kala Miosen Akhir, terjadi peristiwa pengangkatan yang membentuk Tinggian Meratus sehingga memisahkan Cekungan Barito dengan Subcekungan Pasir dan Subcekungan Asem-Asem.

Morfologi daerah penelitian dapat dibedakan menjadi dua satuan morfologi, yaitu satuan dataran antarperbukitan dan satuan perbukitan berlereng landai (Brahmantyo dan Bandono, 2006). Satuan dataran antarperbukitan ditandai warna hijau pada peta morfologi meliputi bagian tengah daerah penelitian, mencakup sekitar

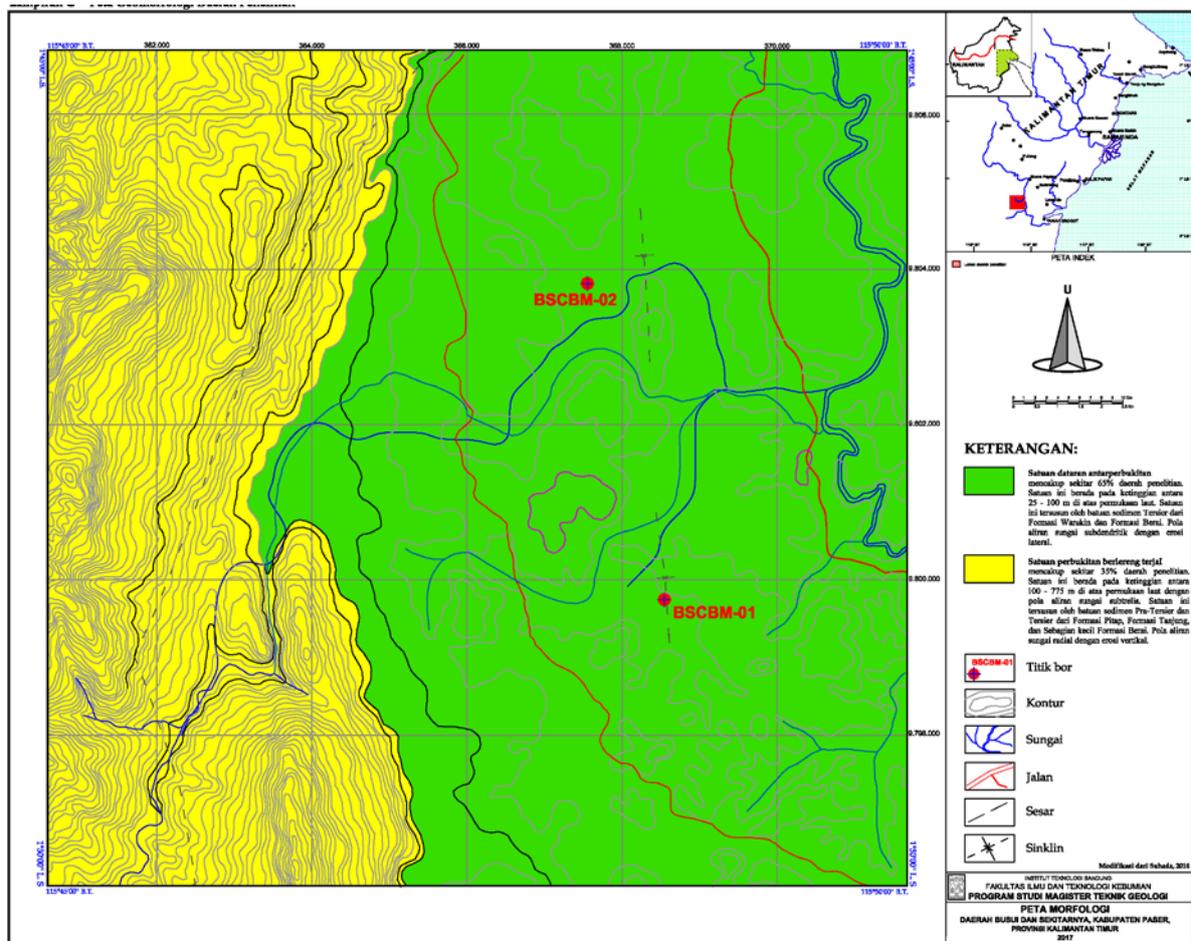
65% daerah penelitian. Satuan ini berada pada ketinggian antara 25 – 100 m di atas permukaan laut. Satuan ini ditandai oleh garis kontur yang renggang pada peta topografi, kemiringan lereng 15° sampai 25°. Satuan ini tersusun oleh batuan sedimen Tersier dari Formasi Berai dan Formasi Warukin (**Gambar 3**).

Satuan perbukitan berlereng terjal ditandai warna kuning pada peta morfologi yang menempati bagian barat dan timur, mencakup sekitar 35% daerah penelitian. Satuan ini berada pada ketinggian antara 100 – 775 m di atas permukaan laut. Satuan ini ditandai oleh garis kontur yang rapat dan menutup pada peta topografi, kemiringan lereng 45° sampai 80°. Satuan perbukitan berlereng terjal tersusun oleh batuan Pra-Tersier dan sedimen Tersier dari Formasi Pitap, Formasi Tanjung, dan sebagian kecil Formasi Berai (**Gambar 3**).

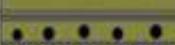
Stratigrafi daerah penelitian merupakan bagian dari Subcekungan Pasir yang

mempunyai kesamaan ciri litologi dengan Cekungan Barito. Proses sedimentasi yang terjadi pada Subcekungan Pasir juga mempunyai kesamaan dengan Cekungan Barito yang merupakan daur lengkap proses sedimentasi dari fase transgresi dan regresi (Siregar dan Sunaryo, 1980),

namun ada perbedaan di antara keduanya. Perbedaan tersebut terletak pada proses pengendapan Formasi Warukin dan Formasi Dahor. Pada Subcekungan Pasir, hanya diendapkan Formasi Warukin bagian bawah dan sebagian Formasi Warukin bagian tengah (**Gambar 4**).



**Gambar 3.** Peta morfologi daerah penelitian.

STRATIGRAFI DAERAH BUSUI DAN SEKITARNYA							
Umur		Stratigrafi		Kolom Stratigrafi	Litologi	Lingkungan Pengendapan	
Miosen	Tengah	Formasi Warukin	Tengah	Anggota Pasir Bawah		Interkalasi dan pasir halus, batulanau, batulempung, dan beberapa lapisan batubara tipis.	Dataran delta bawah
			Bawah	Anggota Lempung		Serpih, kadang-kadang calcareous, pasir halus, dan napal.	Delta bagian depan
	Awal	Formasi Berai		Anggota Napal Atas		Napal, lempung, lanau, interbedded dari lapisan batugamping tipis, dan berisi pita-pita batubara.	Prodelta
Oligosen			Anggota Batugamping		Batugamping kristalin dan interbedded lapisan tipis napal.	Prodelta	
			Anggota Napal Bawah		Napal, batugamping, serpih, lanau, dan beberapa interbedded lapisan batubara.	Prodelta	
Eosen	Formasi Tanjung		Atas		Interkalasi dari serpih dan pasir dengan beberapa lapisan batubara tipis.	Laut	
		Bawah		Serpih, pasir, dan konglomerat.	Delta bagian depan		
Pra-Tersier	Formasi Pitap				Serpih, kuarsit, dan batuan beku.		

Gambar 4. Stratigrafi daerah penelitian (modifikasi Adaro, 1999).

Hal ini berhubungan dengan peristiwa pengangkatan Tinggian Meratus yang berlangsung kala Miosen Tengah hingga Pliosen yang menyebabkan sebagai Formasi Warukin bagian tengah dan atas serta Formasi Dahor tererosi pada subcekungan ini (Darman dan Sidi, 2000).

Berdasarkan peta geologi lembar Balikpapan (Hidayat dan Umar, 1994), pada daerah penelitian terdapat empat formasi batuan dari tua ke muda, meliputi Formasi Pitap, Formasi Tanjung, Formasi Berai, dan Formasi Warukin. Formasi Pitap tersusun oleh perselingan batupasir, batulempung, dan konglomerat berumur Kapur Awal, kemudian di atasnya diendapkan Formasi Tanjung. Formasi Tanjung berumur Eosen Awal sampai Eosen Akhir terdiri dari perselingan batupasir, batulempung, konglomerat, batugamping, dan napal dengan sisipan tipis batubara yang tersingkap di bagian laboratorium meliputi analisis proksimat untuk mengetahui kandungan air, kadar sulfur, kadar abu, karbon tertambat, dan

batubara daya daerah penelitian. Pada bagian atas formasi ini diendapkan secara tidak selaras Formasi Berai. Pada atas Formasi Berai diendapkan secara selaras Formasi Warukin bagian bawah dan Formasi Warukin bagian tengah. Batubara yang ditemukan pada

Formasi Warukin bagian tengah umumnya mempunyai ketebalan yang relatif tipis (Gambar 5).

### 3. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa pengamatan di lapangan, pengambilan sampel, analisis laboratorium, dan interpretasi data. Pengamatan yang dilakukan di lapangan meliputi pengamatan singkapan batubara permukaan dan inti batuan hasil pengeboran. Pengambilan sampel berupa sampel singkapan dan inti pengeboran batubara yang kemudian dilakukan analisis

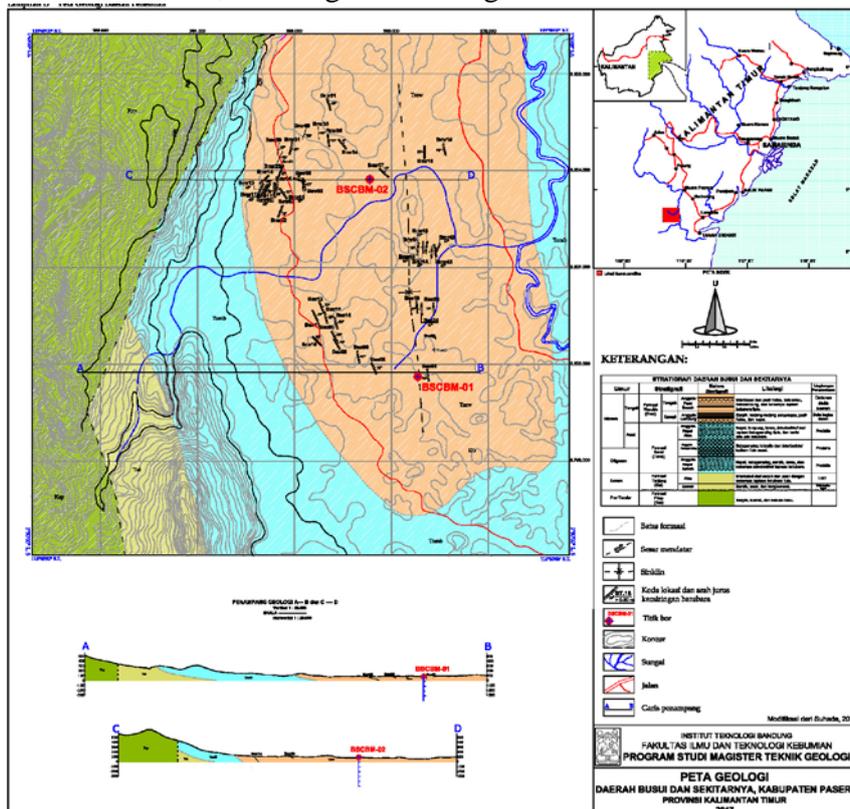
nilai kalori, sedangkan analisis ultimat dilakukan untuk unsur-unsur kimia dalam batubara, meliputi; karbon, hidrogen,

nitrogen, sulfur, dan oksigen. Hasil dari kedua pengukuran ini dinyatakan dalam persen.

Selain itu, berdasarkan kondisi sampel yang dianalisis di laboratorium dibedakan menjadi tiga yaitu: ar (*as received*), adb (*air dried base*), dan daf (*dry ash free*). Sampel batubara yang dianalisis sesuai keadaan pada waktu diterima di laboratorium dikenal sebagai ar (*as received*). Sampel batubara dalam keadaan kadar kelembapan yang hampir sama dengan kelembapan udara sekitarnya didefinisikan sebagai adb (*air dried base*). Sampel batubara dengan asumsi kadar kelembapan dan abu telah dihilangkan dikenal sebagai daf (*dry ash free*). Analisis proksimat dilakukan menggunakan instrumen Leco TGA 601, sedangkan

analisis ultimat dilakukan dengan menggunakan instrumen Leco CHN 2000 dan Leco SC 632.

Analisis kandungan dan komposisi gas dalam batubara dilakukan dengan metode langsung terhadap sampel inti batubara hasil dari pengeboran. Setiap sampel inti batubara dimasukkan ke dalam tabung kanister dengan panjang ukuran 0,5 meter atau 50 centimeter dan ditutup dengan sumbat. Pengukuran gas terukur ( $Q_2$ ) dilakukan dengan selang waktu yang telah ditentukan sampai gas yang terdapat dalam tabung kanister telah habis keluar. Gas hasil pengukuran gas terukur ( $Q_2$ ) disimpan dalam tabung ukur yang kemudian dihitung jumlahnya dan sisanya dipergunakan untuk analisis komposisi gas.



**Gambar 5.** Peta geologi daerah penelitian (modifikasi Hidayat dan Umar, 1994).

Setelah dilakukan pengukuran gas terukur kemudian dilakukan pengukuran gas sisa ( $Q_3$ ). Pengukuran gas sisa ( $Q_3$ ) dilakukan dengan menghancurkan sampel inti batubara yang terdapat dalam tabung kanister dengan menggunakan alat *BULLETIN OF GEOLOGY, VOL. 2, NO. 1, 2018*  
DOI: 10.5614/bull.geol.2018.2.1.2

penghancur batubara yang kedap udara. Pengukuran gas yang hilang ( $Q_1$ ) dilakukan berdasarkan perhitungan nilai regresi linier hasil pengukuran gas terukur ( $Q_2$ ). Pengukuran gas total merupakan penjumlahan dari gas yang hilang ( $Q_1$ ), gas

terukur ( $Q_2$ ), dan gas sisa ( $Q_3$ ). Selain itu, analisis komposisi gas bertujuan untuk mengetahui komposisi gas yang terdapat dalam batubara meliputi nitrogen, hidrogen, oksigen, karbon monoksida, karbondioksida, dan metana dengan menggunakan instrumen kromatografi gas (GC) tipe Micro Agilent 490. Keseluruhan data yang telah dianalisis kemudian diinterpretasi untuk mengetahui hubungan kualitas batubara terhadap kandungan gas metana batubara.

## 4. DATA DAN HASIL ANALISIS

### 4.1 Data

Penelitian ini menggunakan data yang berasal dari sampel batubara sumur BSCBM-01 pada daerah Busui dan sekitarnya yang dilakukan oleh Suhada, dkk. (2014) dan Suhada dan Wibisono (2014) berupa penelitian sumur geologi untuk tambang dalam dan CBM di daerah Paser dan sekitarnya, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur dari instansi Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung. Pusat Sumber Daya Geologi yang sekarang telah berubah nama menjadi Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi.

Lokasi pengeboran sumur BSCBM-01 berada pada koordinat  $01^{\circ}48'41''$  LS -  $115^{\circ}49'5,23''$  BT. Sumur BSCBM-01 menembus batuan dari Formasi Warukin bagian tengah hingga kedalaman 503 m terdiri dari perulangan batupasir halus, batulempung, batulanau, dan batubara. Sampel batubara pada sumur BSCBM-01 diambil pada kedalaman 116,40 - 117,75 m (Lapisan L), 235,48 - 236,10 m (Lapisan J), 283,62 - 284,00 m (Lapisan I), 308,50 - 309,25 m (Lapisan H), 328,40 - 330,60 m (Lapisan F), 341,77 - 342,45 m

(Lapisan E), dan 388,50 - 389,30 m (Lapisan C). Batubara yang ditemukan pada daerah penelitian berdasarkan data singkapan dan inti batubara umumnya mempunyai kenampakan megaskopis berwarna hitam, kilap terang, garis gores hitam, pecahan konkoidal, dan di beberapa tempat ditemukan nodul damar. Kemiringan lapisan batubara berdasarkan pengamatan singkapan batubara permukaan berkisar  $10^0$ -  $77^0$ .

### 4.2 Hasil Analisis

Sebanyak 11 sampel batubara dilakukan analisis proksimat dan ultimat serta diberi notasi C1AC2A, C3A, C4AC5A, C1B2B, C3B, C4B, C5B, C6B, C7B8B, BSC01, dan BSC02 (**Tabel 1** dan **Tabel 2**). Selain itu, analisis kandungan gas dilakukan terhadap 10 sampel batubara yang diberi notasi C4A, C5A, C1B, C2B, C3B, C4B, C5B, C6B, C7B, dan C8B (**Tabel 3** dan **Tabel 4**).

Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa sampel batubara pada daerah penelitian mempunyai kandungan air total 9,03 - 15,54%. Hukum Hilt menyatakan bahwa kenaikan suhu dan tekanan karena penambahan kedalaman dapat menyebabkan peningkatan peringkat batubara yang ditandai dengan pengurangan kandungan air dalam batubara (Thomas, 2002). Plot silang antara kandungan air total terhadap kedalaman memperlihatkan adanya kecenderungan kandungan air yang semakin berkurang seiring penambahan kedalaman batubara. Pengurangan kandungan air dalam batubara dapat menyebabkan peningkatan kandungan gas dalam batubara (**Gambar 6**).

**Tabel 1.** Hasil analisis proksimat sampel batubara pada daerah penelitian.

Parameter Analisis	Unit	Basis	Kode Sampel										
			C1A2A	C3A	C4A5A	C1B2B	C3B	C4B	C5B	C6B	C7B8B	BSC01	BSC02
Air bebas	%	ar	9,29	8,21	8,88	5,91	10,05	7,10	6,60	6,07	5,76	7,13	4,45
Air total	%	ar	15,50	14,06	14,82	10,74	15,54	9,85	11,22	9,57	10,62	12,90	9,03
Air	%	adb	6,85	6,37	6,52	5,13	6,10	2,96	4,95	3,73	5,16	6,21	4,79
Zat terbang	%	adb	46,19	45,20	44,84	40,49	31,95	19,77	44,50	31,50	39,55	43,97	50,25
Karbon tertambat	%	adb	44,72	46,05	45,68	40,37	41,51	16,38	45,92	32,37	43,44	43,28	39,11
Abu	%	adb	2,24	2,38	2,96	14,01	20,44	60,89	4,63	32,40	11,85	6,54	5,85
Sulfur total	%	adb	0,33	0,52	1,36	3,76	0,64	4,37	2,86	5,43	2,27	0,36	2,18
HGI		adb	50	-	59	52	-	-	-	-	47	43	52
Densitas		adb	1,27	1,28	1,30	1,38	1,43	1,92	1,32	1,60	1,36	1,33	1,27
Nilai Kalori	kal/g	adb	6.842	6.935	6.707	5.967	5.369	2.357	6.840	4.698	6.316	6.438	7.008

**Tabel 2.** Hasil analisis ultimat sampel batubara pada daerah penelitian.

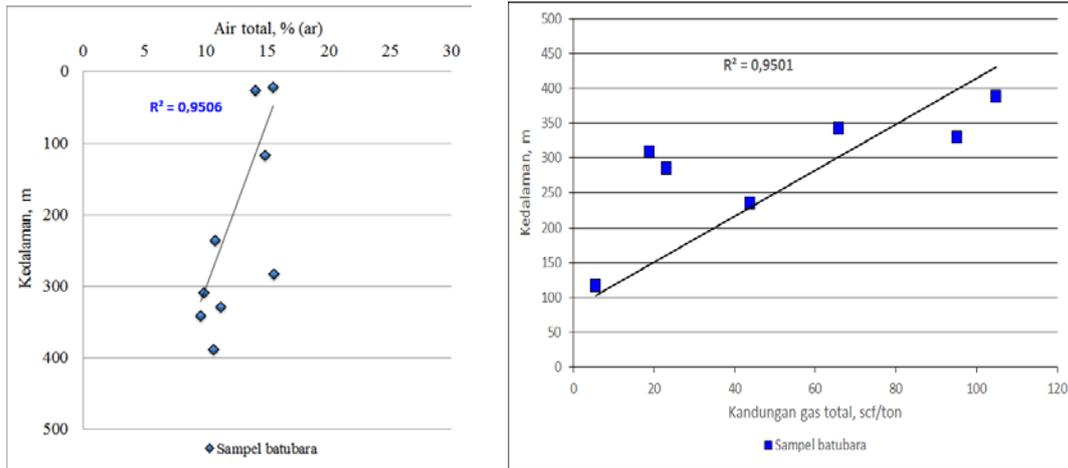
Parameter Analisis	Unit	Basis	Kode Sampel										
			C1A2A	C3A	C4A5A	C1B2B	C3B	C4B	C5B	C6B	C7B8B	BSC01	BSC02
Karbon	%	daf	75,62	76,21	74,69	73,74	75,63	63,90	74,21	71,11	75,76	74,89	76,66
Hidrogen	%	daf	5,50	5,43	5,31	5,57	5,47	7,44	5,54	5,92	5,62	5,53	6,18
Nitrogen	%	daf	1,62	1,68	1,61	1,78	1,99	3,40	1,57	2,07	1,78	1,60	1,61
Sulfur	%	daf	0,36	0,57	1,50	4,65	0,87	12,09	3,16	8,50	2,74	0,41	2,44
Oksigen	%	daf	16,89	16,11	16,88	14,25	16,04	13,17	15,52	12,40	14,11	17,56	13,11

**Tabel 3.** Hasil analisis kandungan gas dalam batubara pada daerah penelitian.

Kode Kanister	Lapisan Batubara	Kedalaman (m)	Jumlah Gas (scf/ton) @STP	Jumlah Gas (m <sup>3</sup> /ton) @STP	Metana (CH <sub>4</sub> ) %	Jumlah Gas (scf/ton) @STP	Jumlah Gas (m <sup>3</sup> /ton) @STP
C4A	L	116,40 - 116,90	2,28	0,06	12,04	0,27	0,00
C5A	L	117,25 - 117,75	8,64	0,24	12,04	1,04	0,03
C1B	J	235,75 - 236,10	38,72	1,10	82,31	31,87	0,91
C2B	J	235,48 - 235,75	48,85	1,38	96,32	47,05	1,33
C3B	I	283,62 - 284,00	22,98	0,65	21,97	5,05	0,14
C4B	H	308,50 - 309,25	18,79	0,53	76,16	14,31	0,40
C5B	F	328,40 - 330,60	95,17	2,70	90,16	85,81	2,43
C6B	E	341,77 - 342,45	65,72	1,87	89,25	58,66	1,67
C7B	C	388,50 - 388,95	121,28	3,44	93,96	113,95	3,23
C8B	C	388,95 - 389,30	88,38	2,51	92,20	81,49	2,31

**Tabel 4.** Hasil rata-rata analisis kandungan gas dalam batubara pada daerah penelitian.

Kode Kanister	Lapisan Batubara	Kedalaman (m)	Jumlah Gas (scf/ton) @STP	Jumlah Gas (m <sup>3</sup> /ton) @STP	Metana (CH <sub>4</sub> ) %	Jumlah Metana (scf/ton) @STP	Jumlah Metana (m <sup>3</sup> /ton) @STP
C4A5A	L	116,40 - 117,75	5,46	0,15	12,04	0,66	0,01
C1B2B	J	235,48 - 236,10	43,79	1,24	89,32	39,46	1,33
C3B	I	284,62 - 285,00	22,98	0,65	21,97	5,05	0,14
C4B	H	308,50 - 309,25	18,79	0,53	76,16	14,31	0,40
C5B	F	328,40 - 330,60	95,17	2,70	90,16	85,81	2,43
C6B	E	341,77 - 342,45	65,72	1,87	89,25	58,66	1,67
C7B8B	C	388,50 - 389,30	104,83	2,97	93,08	97,72	2,77



**Gambar 6.** Plot kandungan air total dan kandungan gas terhadap kedalaman.

Menurut Diessel (1992), peringkat batubara dapat ditentukan dengan menggunakan rasio kadar karbon tertambat dan kadar zat terbang atau dikenal sebagai *fuel ratio*. Nilai rata-rata *fuel ratio* sampel teranalisis adalah satu yang menunjukkan bahwa batubara pada daerah penelitian termasuk dalam peringkat batubara subbituminus (**Gambar 7**).

Tipe material organik penyusun batubara dapat diidentifikasi berdasarkan diagram van Krevelen (1961) yang dimodifikasi dari hasil analisis ultimat. Plot rasio hidrogen dan karbon (H/C) terhadap rasio oksigen dan karbon (O/C) sampel batubara pada sumur BSCBM-01 menunjukkan bahwa sampel teranalisis mempunyai

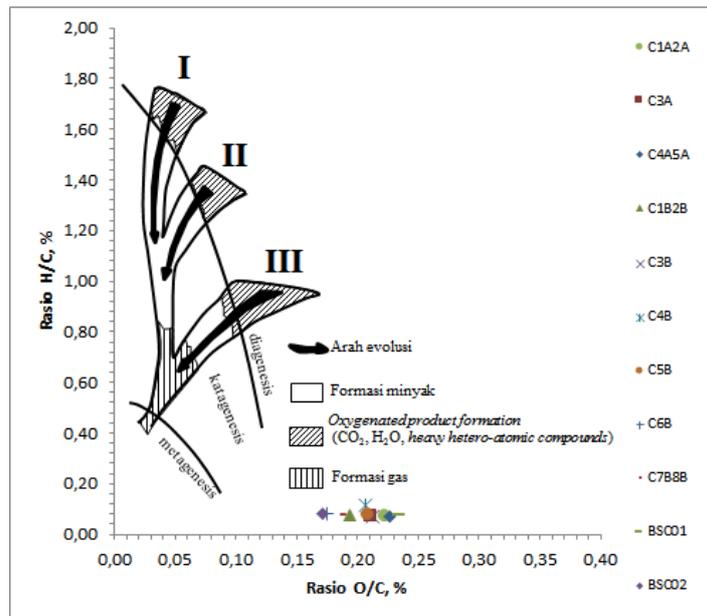
kerogen dominan Tipe III yang cenderung untuk menghasilkan gas (**Gambar 8**).

Selain itu, berdasarkan diagram tersebut, seluruh sampel batubara pada saat terbentuknya telah mengalami proses diagenesis dari komponen-komponen organik yang terdapat pada gambut. Proses diagenesis ini menyebabkan peningkatan suhu dan tekanan dan peningkatan persentase kandungan karbon yang merubah gambut menjadi batubara. Kerogen Tipe III terdiri dari material organik asal darat yang mempunyai komponen lemak atau lilin rendah. Kerogen tipe ini terutama berasal dari selulosa dan lignin tumbuhan dan cenderung menghasilkan hidrokarbon gas (Waples, 1985).

Zat Terbang	Karbon Tertambat	Fuel Ratio
46,19	44,72	0,97
45,20	46,05	1,02
44,84	45,68	1,02
40,49	40,37	1,00
31,95	41,51	1,30
19,77	16,38	0,83
44,50	45,92	1,03
31,50	32,37	1,03
39,55	43,44	1,10
43,97	43,28	0,98
50,25	39,11	0,78
<b>Nilai rata-rata</b>		<b>1,00</b>

TIPE BATUBARA	FIXED CARBON /VOLATILE MATTER RATIO
Coke	92
Anthracite	24
Semi-Anhtrcite	8.6
Semi-bituminous	4.3
Bituminous low volatile	2.8
Bituminous medium volatile	1.9
Bituminous high volatile	1.3
Lignite	0.9

**Gambar 7.** Peringkat batubara pada daerah penelitian (Diesel, 1992).

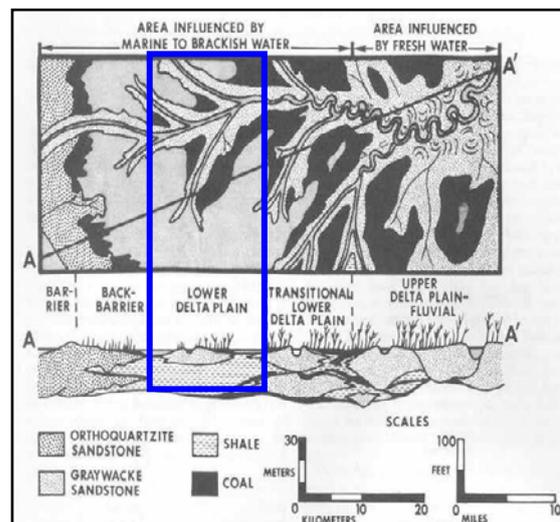


**Gambar 8.** Plot rasio H/C terhadap rasio O/C (Waples, 1985).

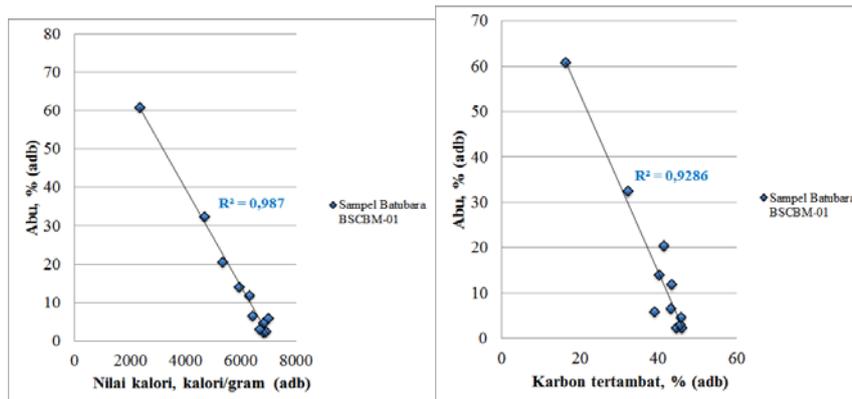
Kadar sulfur dalam batubara merupakan hasil interaksi air laut dengan bahan organik batubara. Horne dkk. (1978) menyatakan bahwa kadar sulfur dalam batubara dapat digunakan untuk mengidentifikasi lingkungan pengendapannya. Semakin tinggi kadar sulfur menunjukkan interaksi antara material pembentuk batubara dengan air laut semakin besar. Demikian pula sebaliknya, semakin rendah kadar sulfur dalam batubara menunjukkan semakin sedikit interaksi antara keduanya.

Chou (2012) mengklasifikasikan kadar sulfur dalam batubara menjadi tiga yaitu rendah < 1%, sedang 1-3%, dan tinggi > 3%. Menurut Horne dkk. (1978), lingkungan pengendapan dataran delta bagian atas tidak dipengaruhi oleh air laut sehingga batubara yang terbentuk mempunyai kadar sulfur rendah, sedangkan lingkungan pengendapan prodelta, delta bagian depan, dataran delta bagian bawah, dan transisi dataran delta bagian bawah merupakan lingkungan delta yang dipengaruhi oleh air laut sehingga batubara yang terbentuk mempunyai kadar sulfur tinggi. Sampel batubara pada sumur

BSCBM-01 mempunyai persentase kadar sulfur rata-rata 2,19% yang termasuk dalam klasifikasi kadar sulfur sedang. Berdasarkan klasifikasi tersebut, lingkungan pengendapan batubara pada daerah penelitian termasuk dalam lingkungan dataran delta bagian bawah (**Gambar 9**).



**Gambar 9.** Lingkungan pengendapan batubara pada daerah penelitian (Horne dkk.,1978).



**Gambar 10.** Plot nilai kalori dan kadar karbon tertambat terhadap kadar abu sampel batubara pada sumur BSCBM-01.

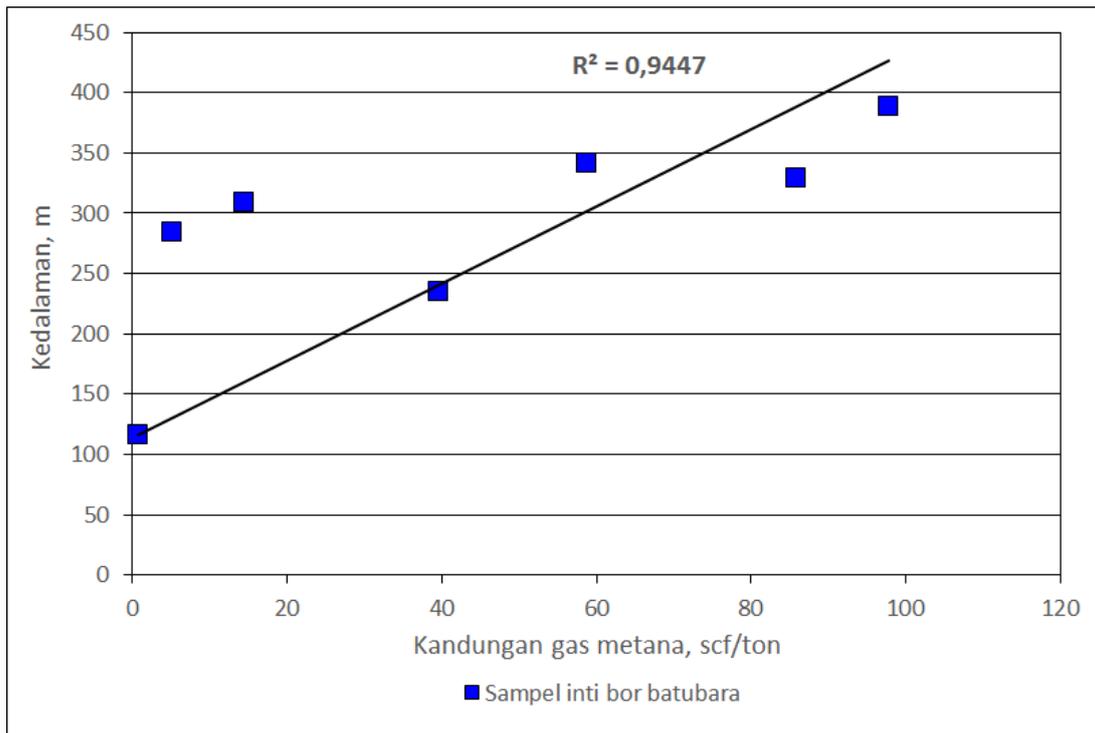
## 5. PEMBAHASAN

Hasil analisis proksimat terhadap sampel batubara pada daerah penelitian menunjukkan bahwa kadar abu dalam sampel teranalisis dapat mempengaruhi peringkat batubara. Kadar abu yang relatif tinggi dapat menyebabkan penurunan nilai kalori dan kadar karbon tertambat dalam batubara demikian pula sebaliknya (**Gambar 10**). Hal ini ditunjukkan pada sampel batubara yang mempunyai kadar abu 60,89%, hanya mempunyai nilai kalori 2.357 kal/g dan kadar karbon tertambat 16,38%.

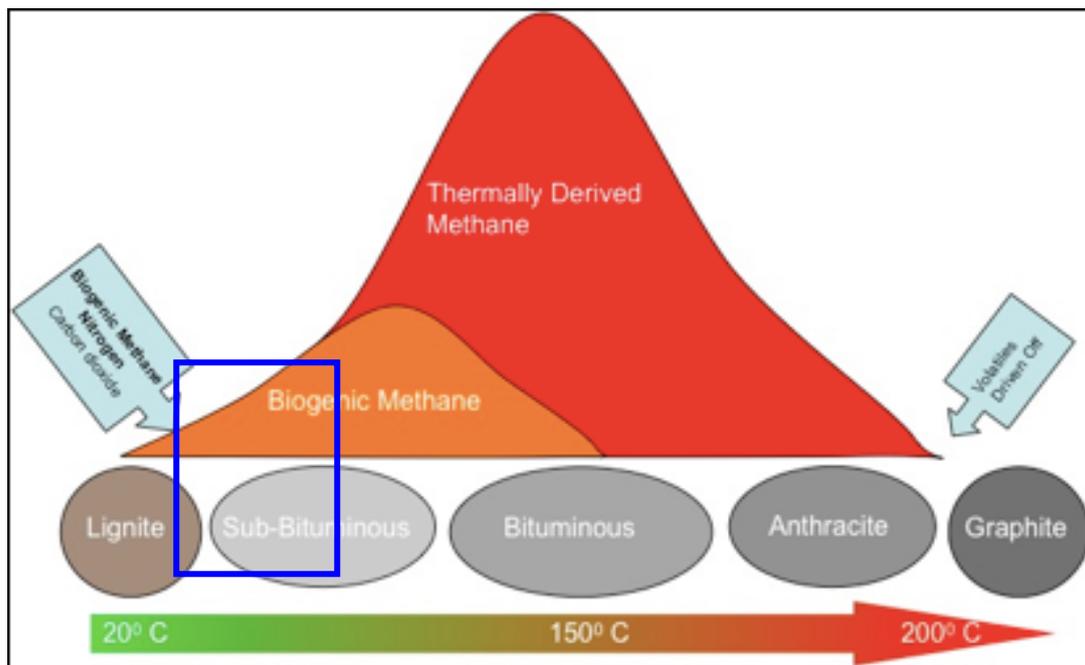
Hasil analisis ultimat menunjukkan bahwa sampel batubara pada daerah penelitian dominan terdiri dari unsur karbon berkisar 63,90 - 76,66%. Unsur hidrogen yang relatif rendah berkisar 5,31 - 7,44% dibandingkan dengan unsur oksigen yang relatif tinggi berkisar 13,11 - 16,89% menunjukkan bahwa sampel teranalisis termasuk dalam kerogen tipe III yang cenderung menghasilkan gas (Waples, 1985). Selain itu, unsur sulfur yang relatif tinggi berkisar 0,36 - 12,09% menunjukkan adanya interaksi air laut dengan material organik batubara (Horne dkk., 1978).

Hasil analisis kandungan gas menunjukkan bahwa sampel batubara pada daerah penelitian mempunyai kandungan gas total

berkisar 2,28 - 121,28 scf/ton atau setara dengan 0,06 - 3,44 scf/ton dan persentase gas metana berkisar 12,04 - 96,32%. Selain itu, kandungan gas metana batubara pada daerah penelitian berkisar 0,27 - 113,95 scf/ton atau setara dengan 0,00 - 3,23 m<sup>3</sup>/ton. Hasil analisis kandungan gas terhadap sampel teranalisis menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan kandungan gas metana batubara seiring dengan pertambahan kedalaman lapisan batubara (**Gambar 11**). Hal ini diperkirakan pada lapisan batubara yang relatif lebih dalam, terjadi peningkatan suhu dan tekanan yang disebabkan oleh pembebanan lapisan penutup atau tektonik (Stone dan Cook, 1979; Teichmuller, 1987; dalam Herudiyanto, 2006). Peningkatan suhu dan tekanan bawah permukaan menyebabkan peningkatan peringkat batubara yang ditunjukkan dengan pengurangan kandungan air, oksigen, dan hidrogen dan peningkatan kandungan karbon dalam batubara (Thomas, 2002). Peningkatan peringkat batubara umumnya dapat menyebabkan peningkatan kandungan gas metana batubara. Peringkat batubara subbituminus pada daerah penelitian menunjukkan bahwa pembentukan gas metana batubara diperkirakan melalui proses biogenik (**Gambar 12**).



**Gambar 11.** Plot kandungan gas metana batubara terhadap kedalaman.



**Gambar 12.** Proses pembentukan gas metana batubara (Dawson, 2013).

## 6. KESIMPULAN

Sampel batubara yang dilakukan analisis berasal dari inti pengeboran sumur BSCBM-01 dan beberapa singkapan permukaan di sekitarnya.

Morfologi pada daerah penelitian terdiri dari dua satuan morfologi, yaitu satuan morfologi dataran antarperbukitan dan satuan perbukitan berlereng terjal.

Batubara pada daerah penelitian berasal dari Formasi Warukin bagian tengah

berumur Miosen Tengah dan mempunyai ketebalan yang relatif tipis serta termasuk dalam wilayah Subcekungan Pasir.

Hasil analisis proksimat dan ultimat batubara menunjukkan bahwa batubara daerah penelitian termasuk dalam peringkat batubara subbituminus.

Tipe material organik penyusun batubara pada daerah penelitian berdasarkan analisis ultimat mempunyai kerogen dominan Tipe III yang cenderung menghasilkan hidrokarbon berupa gas.

Kadar sulfur dalam batubara pada daerah penelitian berdasarkan analisis proksimat dan ultimat menunjukkan nilai rata-rata 2,19% dan 3,39% yang mengindikasikan material penyusun batubara dipengaruhi oleh air laut dan diperkirakan batubara diendapkan pada lingkungan delta bagian bawah.

Kadar abu dalam batubara pada daerah penelitian berdasarkan analisis proksimat dapat mempengaruhi nilai kalori dan kadar karbon tertambat dalam batubara.

Peningkatan suhu dan tekanan bawah permukaan menyebabkan peningkatan peringkat batubara yang ditunjukkan dengan pengurangan kandungan air, oksigen, dan hidrogen dan peningkatan kandungan karbon dalam batubara. Peningkatan peringkat batubara umumnya dapat menyebabkan peningkatan kandungan gas metana batubara.

Peringkat batubara subbituminus pada daerah penelitian menunjukkan bahwa pembentukan gas metana batubara diperkirakan melalui proses biogenik.

Pada saat ini, kombinasi dari beberapa analisis di atas, batubara yang berpotensi mengandung gas metana cukup bagus pada sumur BSCBM-01 berada pada kedalaman 300– 500 meter dengan komposisi dan kandungan gas metana berkisar 68,89 – 96,32% dan 14,31 – 97,72 scf/ton.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi yang telah memberikan izin penggunaan data dan dukungannya sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adaro (1999): *Laporan eksplorasi sumberdaya batubara*, Tidak dipublikasikan.
- Brahmantyo, B. dan Bando (2006): Klasifikasi bentuk muka bumi (*landform*) untuk pemetaan geomorfologi pada skala 1:25.000 dan aplikasinya untuk penataan ruang, *Jurnal Geoplika*, **I**, 71-78.
- Chou, C.L. (2012): Sulfur in coals: A review of geochemistry and origins. *International Journal of Coal Geology*, **100**, 1–13.
- Darman, H. dan Sidi, F. H. (2000): *An outline of the geology of Indonesia*, Indonesian Geologists Association Publication, Jakarta.
- Dawson, M. (2013): *Coalbed methane: Understanding key reservoir properties and their influence on producibility*, Dawson Energy Advisory Ltd.
- Diessel, C. F. K. (1992): *Coal-bearing depositional systems*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Flores, R. M. (2004): *Coalbed methane in The Powder River Basin, Wyoming, and Montana: An assessment of The Tertiary-Upper Cretaceous coalbed methane total petroleum system*, United States Geological Survey, Denver.
- Herudiyanto (2006): *Laporan kajian awal potensi batuan induk hidrokarbon daerah sangata Cekungan Kutai, Provinsi Kalimantan Timur*, Pusat Sumberdaya Geologi, Badan Geologi, Bandung.
- Hidayat, S. dan Umar, L. (1994): *Peta Geologi Lembar Balikpapan*,

- Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Horne, J. C., Ferm, J. C., Caruccio, F. T., dan Baganz, B. P. (1978): Depositional models in coal exploration and mine planning in Appalachian region. *AAPG Bulletin*, **62**, 2379–2411.
- Levine, J. R. (1993): *Coalification: The evolution of coal as source rock and reservoir rock for oil and gas*, dalam Law, B. E. dan Rice, D. D. (Eds.), *Hydrocarbon from coal*, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, 39-77.
- Satyana, A. H., Nugroho D., Surantoko I. (1999): Tectonic controls on the hydrocarbon habitats of the Barito, Kutei, and Tarakan Basins, Eastern Kalimantan, Indonesia: major dissimilarities in adjoining basins, *Journal of Asian Earth Sciences*, **17**, 99-122.
- Siregar, M. S. dan Sunaryo, R. (1980): Depositional environment and hydrocarbon prospects, Tanjung Formation, Barito Basin, Kalimantan. *Proceedings Indonesian Petroleum Association, 9<sup>th</sup> annual convention*, 379-400.
- Suhada, I dan Wibisono, S. A. (2014): Potensi gas metana batubara pada Formasi Warukin di daerah Batusopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur, *Buletin Sumber Daya Geologi*, **9**, **151-160**, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Suhada, I., Hidayat, R., Wibisono, S. A., dan Nahar, K. (2014): Penelitian sumur geologi untuk tambang dalam dan cbm di daerah Paser, Provinsi Kalimantan Timur, *Prosiding Hasil Kegiatan Lapangan Pusat Sumber Daya Geologi Tahun Anggaran 2014: Buku 1 Bidang Energi*, **9**, **79-86**, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Thomas, L. (2002): *Coal Geology*, John Wiley & Sons, Ltd, England.
- van Krevelen, D. W. (1961): *Coal*, Elsevier, Amsterdam.
- Waples, D. W. (1985): *Geochemistry in Petroleum Exploration*, International Human Resources Development Corporation, Boston.