

## **PRODUKSI GAS METANA BATUBARA DENGAN PEMANFAATAN MIKROBA CAIRAN RUMEN PADA BERBAGAI PERLAKUAN KONDISI DAN MEDIA**

*(Producing Methane Gas from Coal (CBM) by Utilizing Rumen Fluid  
Microbes in Various Media and Treatment Conditions)*

**Dahrul Effendi<sup>1)</sup>, Bambang Agus Widjayanto<sup>1)</sup>, Kosasih<sup>1)</sup>,  
Byan Muslim Pratama<sup>1)</sup>, dan Irawan Sugoro<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"  
Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan  
Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

<sup>2)</sup>Badan Tenaga Nuklir Nasional

E-mail: [dahrul@lemigas.esdm.go.id](mailto:dahrul@lemigas.esdm.go.id); [dahrul19effendi@gmail.com](mailto:dahrul19effendi@gmail.com);  
[bambangaw@lemigas.esdm.go.id](mailto:bambangaw@lemigas.esdm.go.id); [byan@lemigas.esdm.go.id](mailto:byan@lemigas.esdm.go.id);

Teregistrasi I tanggal 6 Maret 2017; Diterima setelah perbaikan tanggal 5 Agustus 2017;  
Disetujui terbit tanggal: 31 Agustus 2017

### **ABSTRAK**

Produksi Gas metana Batubara (GMB) dapat ditingkatkan dengan cara biologi, yaitu melalui teknik biostimulasi dan bioaugmentasi yang dapat dilakukan secara *in situ* atau *ex situ*. Penelitian ini memanfaatkan mikroba cairan rumen yang diambil dari limbah rumah potong hewan. Cairan rumen mengandung konsorsium mikroba yang terdiri dari bakteri, protozoa dan fungi yang potensial dapat mendegradasi batubara untuk menghasilkan gas metana. Mikroba rumen memiliki kemampuan mencerna lignin dari tanaman yang merupakan materi asal mula batubara. Penelitian ini dilakukan dengan variasi konsentrasi campuran cairan rumen, jenis batubara, air formasi, suhu, dan tekanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroba cairan rumen memiliki kemampuan untuk memproduksi gas metana, Volume gas tertinggi didapatkan dari batubara peringkat subbituminous pada suhu 60°C, tekanan 400 psi dan salinitas 35.000 ppm, yaitu diperoleh gas metana sejumlah 256 cf/ton dengan lama inkubasi 75 hari. Sedangkan pada batubara lignit dengan kondisi tekanan dan temperatur ruang (*ambient condition*), menghasilkan gas metana sebanyak 73,39 cf/ton dalam waktu 95 hari inkubasi. Produksi gas metana akan terus mengalami peningkatan sejalan dengan lama inkubasi dan tersedianya substrat batubara. Mikroba cairan rumen telah terbukti memiliki kemampuan untuk mendegradasi batubara menjadi gas metana sehingga potensi implementasinya dapat ditingkatkan dari skala laboratorium ke skala lapangan bawah permukaan untuk sumur CBM non-produktif.

**Kata Kunci:** mikroba, rumen, bioaugmentasi, biostimulasi, GMB non-produktif

### **ABSTRACT**

*Production of Coalbed Methane (CBM) can be improved biologically, through biostimulation and bioaugmentation techniques which can be done by in situ or ex situ. This study utilizes microbial of the rumen fluid taken from animal slaughterhouse waste. Rumen fluid contains a microbial consortium of bacteria, protozoa and fungi that can potential to perform degradation of coal to produce the methane gas. Rumen microbes have the ability to digest lignin from plants that are the material of the origin of coal. This research was conducted with the variation of concentration of rumen fluid mixtures, coal type, water formation, temperature, and pressure. The results showed that rumen microbial fluid had the capability to produce methane gas. The highest gas volume was obtained from*

*subbituminous coal rank at 60°C, 400 psi pressure and 35,000 ppm salinity, which produced methane gas volume of 256 cf / ton on 75 days incubation period. While from lignite coal of the ambient conditions was obtained methane gas volume as much as 73,39 cf / ton for 95 days of incubation time. The gas production will continue increasing in line with the incubation period and the availability of coal substrate. The rumen fluid microbes has been proven having capability to degradation of coal to producing methane gas so that potential implementation from laboratory scale to subsurface field scale for the non-productive CBM wells can be raised.*

**Keywords:** *microbial, rumen, bioaugmentation, biostimulation, non-production GMB*

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Cadangan batubara Indonesia didominasi oleh jenis lignit (kalori rendah) sebesar 59%, subbituminous sebesar 27%, dan bituminous mencapai 14%, sedangkan antrasit kurang dari 0,5%. Diyakini dengan kandungan batubara sebesar itu, Indonesia juga memiliki kandungan gas metana batubara yang besar. Kandungan GMB di Indonesia termasuk terbesar ke-5 di dunia, potensi GMB ini merupakan hasil kerjasama survey yang dilakukan oleh Ditjen Migas dan Advances Resources International (ARI) pada tahun 2002, menunjukan bahwa potensi GMB Indonesia diperkirakan sebesar 453 Triliun Cubic Feet (TCF) yang tersebar di 11 cekungan, dan potensi terbesar berada di Sumatera Selatan 183 TCF, Barito 101,6 TCF dan Kutai 80,4 TCF (BPMIGAS 2011).

Peningkatan dan reaktivasi produksi GMB dapat dilakukan secara biologi melalui pemanfaatan mikroba dengan teknik biostimulasi dan bioaugmentasi, di mana mikroba tersebut dapat berasal dari dalam reservoir GMB seperti pada air formasi yang dikenal sebagai mikroba indigenus atau dengan mikroba yang berasal dari luar reservoir (*non indigenus*).

Salah satu penelitian pengembangan Migas Non-Konvensional yang telah dilakukan di PPPTMGB "LEMIGAS" sejak tahun 2013 - 2015 adalah pemanfaatan mikroba cairan rumen untuk meningkatkan produksi gas metana batubara pada skala laboratorium. Pada tahun 2016 penelitian dilanjutkan dengan skala mini plan yang menggunakan peralatan lebih besar

Pada penelitian ini, produksi gas metana baik pada sumur CBM dan pada batubara kalori rendah dilakukan melalui penambahan mikroba yang berasal dari cairan rumen. Mikroba cairan rumen ini bertujuan untuk mendegradasi batubara menjadi gas metana. Cairan rumen berasal dari ternak ruminansia, seperti sapi dan merupakan limbah rumah potong

hewan. Di dalam cairan rumen terdapat konsorsium mikroba yang terdiri dari bakteri, protozoa dan fungi yang potensial untuk mendegradasi batubara dan mengandung mikroba-mikroba metanogen (Hungate 1990). Selain itu, mikroba dalam rumen memiliki kemampuan mencerna lignin dari tanaman (De Odarza 2000). Tanaman itu sendiri merupakan materi utama terbentuknya batubara.

Penelitian ini menghasilkan formulasi campuran cairan rumen, air formasi, dan batubara untuk menghasilkan gas metana batubara. Pada skala laboratorium dilakukan variasi formulasi atau perlakuan terhadap jenis batubara, volume, salinitas air formasi, suhu dan tekanan untuk menguji kemampuan mikroba cairan rumen di dalam memproduksi gas metana. Hasil penelitian skala laboratorium menunjukan bahwa mikroba cairan rumen masih tetap memproduksi gas pada kondisi tekanan 400 psi dan suhu 60°C, di mana kondisi ini diasumsikan sesuai dengan kondisi reservoir GMB di Indonesia dengan kedalaman 1000 meter. Penelitian ini juga sekaligus membuktikan bahwa mikroba cairan rumen dapat bertahan ekstrim diatas suhu kebiasaan hidup di dalam perut ternak sapi yang berkisar antara 36-42°C.

Penelitian ini berpotensi untuk dikembangkan pada skala lapangan, di mana teknik bioaugmentasi cairan rumen dapat diterapkan pada sumur GMB yang telah deplesi atau pada sumur yang non-produktif.

### **B. Maksud dan Tujuan**

Penelitian laboratorium ini mempunyai maksud untuk meningkatkan produksi kandungan gas metana, sehingga mampu mengurangi kelangkaan energi.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produksi kandungan gas metana pada skala *miniplant* dengan memanfaatkan cairan rumen dan batubara pada kondisi reservoir CBM sebelum dicoba pada skala lapangan serta pada kondisi permukaan untuk dapat diterapkan pada kalori rendah dengan

variasi temperatur, tekanan serta salinitas. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar gas yang akan dihasilkan oleh formula cairan rumen pada skala *miniplant*, serta mengetahui faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi besar kecilnya produksi gas metana.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan

#### 1. Biodegradasi Komponen Batubara

Salah satu jenis mikroba yang terdapat di dalam cairan rumen adalah mikroba metanogen yang bersifat anaerob. Lambung ternak sapi merupakan tempat yang paling cocok bagi perkembangan mikroba metanogen sehingga gas metana dalam konsentrasi tertentu dapat dihasilkan di dalam lambung sapi tersebut. Populasi mikroba pada cairan rumen sangat padat yaitu mengandung sekitar 1010 bakteri/ml, 106 protozoa/ml dan 103 fungi/ml (Rode 2000).

Konsorsium mikroba cairan rumen memiliki peranan yang berbeda-beda yaitu bakteri rumen berperan penting dalam degradasi pakan, protozoa berperan penting pada ekosistem rumen yaitu predasi terhadap bakteri selulolitik tetapi tidak mencernanya dan menstimulasi bakteri selulolitik dengan membebaskan peptida dan asam amino sebagai sumber nitrogen untuk bakteri selulolitik. Sedangkan Fungi berperan penting dalam mencerna lignoselulosa yang ditembus dari dinding sel tumbuhan (De Ondarza 2000).

Nilai pH merupakan salah satu faktor lingkungan yang berperan penting dalam aktivitas mikroba dalam proses anaerobik. Sifat mikroba metanogen adalah anaerob obligat, yang mana pertumbuhannya akan terhambat oleh adanya oksigen. Selain itu, materi pereduksi, seperti nitrit atau nitrat, juga dapat menghambat bakteri metanogen (Campbell 1983).

Mikroba metanogen pada cairan rumen ini merupakan mikroba yang berperan besar dalam memproduksi gas metana pada saat mendegradasi batubara atau pakan di dalam perut sapi. Gas metana yang terbentuk dalam proses biodegradasi dari batubara merupakan hasil fermentasi secara anaerobik yaitu proses perombakan suatu bahan menjadi bahan lain dengan bantuan mikroorganisme tertentu dalam keadaan tidak berhubungan langsung dengan udara bebas (anaerob). Dekomposisi anaerob biasa terjadi secara alami di tanah yang basah, seperti dasar danau dan di dalam tanah pada kedalaman tertentu. Tahapan untuk terbentuknya biogas dari

proses fermentasi anaerob dapat dipisahkan menjadi tiga yaitu, tahap hidrolisis, pengasaman, dan pembentukan gas  $\text{CH}_4$  (Firdaus 2007).

#### 2. Proses Hidrolisis

Proses Hidrolisis adalah proses penguraian senyawa berantai panjang menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek pada bahan-bahan biomassa. Kandungan biomasnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat dan lipida. Mikroorganisme yang berperan yaitu mikroorganisme yang mengandung enzim ekstraseluler seperti selulose, amilase, protease dan lipase. Proses hidrolisis terjadi ketika polisakarida terurai menjadi monosakarida sedangkan protein terurai menjadi peptida dan asam amino (Ismawati 2006).

#### 3. Proses Pengasaman (Proses Asidifikasi)

Proses selanjutnya adalah asidifikasi yang terjadi karena kehadiran bakteri pembentuk asam yang disebut dengan bakteri asetogenik. Bakteri ini akan memecah struktur organik kompleks seperti protein menjadi asam-asam amino, karbohidrat dipecah menjadi gula dengan struktur yang sederhana, dan lemak dipecah menjadi asam yang berantai panjang. Hasil dari pemecahan ini akan dipecah lebih jauh menjadi asam-sam lemak volatil (*Volatile Fatty Acid*, VFA) (Firdaus 2007). Fermentasi karbohidrat menghasilkan VFA sebagai produk utama untuk menyediakan energi, sedangkan karbon untuk pertumbuhan dan mempertahankan kehidupan komunitas mikroorganisme (Fujiati 2008). Selain sebagai sumber energi, VFA mempunyai peran sebagai pembentuk protein mikrobial terutama VFA yang mempunyai kerangka karbon cabang (Agustina 2006).

#### 4. Proses Metanogenesis (Produksi Metana)

Bakteri pembentuk metana (bakteri metanogenik) menggunakan asam yang terbentuk dari proses asidifikasi. Bakteri ini akan membentuk gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  dari gas  $\text{H}_2$  (Nijaguna 2002). Substrat berupa asam organik didekomposisikan oleh bakteri metanogenik dan menghasilkan metana dalam kondisi anaerob melalui dua jalan, yaitu pertama jalan fermentasi asam asetat menjadi metana dan  $\text{CO}_2$ . Ke-dua reduksi  $\text{CO}_2$  menjadi metana dengan menggunakan gas hidrogen atau asam format yang diproduksi oleh bakteri lain (Campbell 1983).

Bakteri metanogen sangat sensitif terhadap faktor lingkungan. Sifat bakteri metanogen adalah anaerob obligat, yang mana pertumbuhannya akan terhambat oleh kandungan oksigen yang sedikit. Tidak hanya

oksigen, tetapi materi pereduksi, seperti nitrit atau nitrat, dapat menghambat bakteri metanogenik (Campbell 1983).

### 5. Produksi Gas Metana pada Sumur GMB

Pada umumnya produksi GMB dilakukan dengan mengeluarkan air terlebih dahulu (*dewatering*) agar terjadi perubahan kesetimbangan tekanan sehingga gas metana yang terdapat dalam reservoir batubara dapat mengalir ke lubang sumur dan diproduksi. Produksi gas metana akan mengalami *decline* setelah mencapai produksi maksimum. Banyak sumur GMB yang produksi kecil diakibatkan oleh kecilnya permeabilitas, sehingga diperlukannya optimalisasi produksi dengan teknik *Hydraulic Fracturing dan Radial Jetting* untuk meningkatkan dan mengaktifkan kembali produksi gas metana pada sumur GMB tersebut.

## B. METODE

### 1. Sampling Cairan Rumen

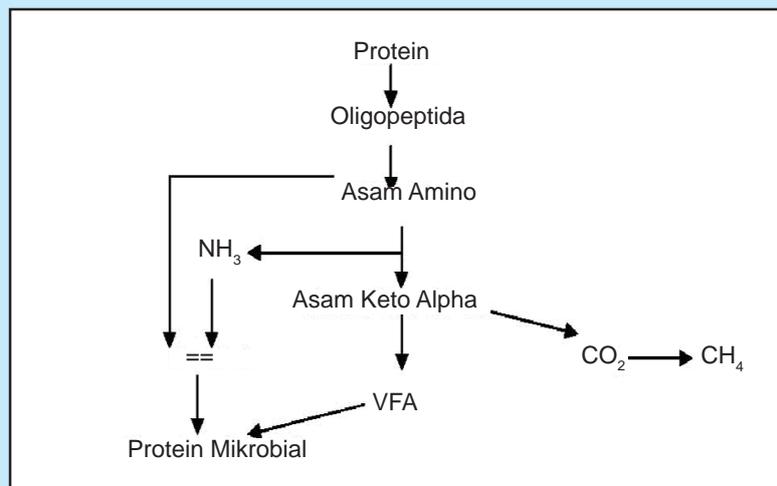
Cairan Rumen yang di gunakan adalah cairan rumen yang *fresh* dari rumah potong hewan (RPH). Sampel cairan rumen diambil dari rumah potong hewan yang dimasukan kedalam jirigen ukuran 20 liter yang sudah disterilkan, Gambar 3.

### 2. Preparasi Batubara

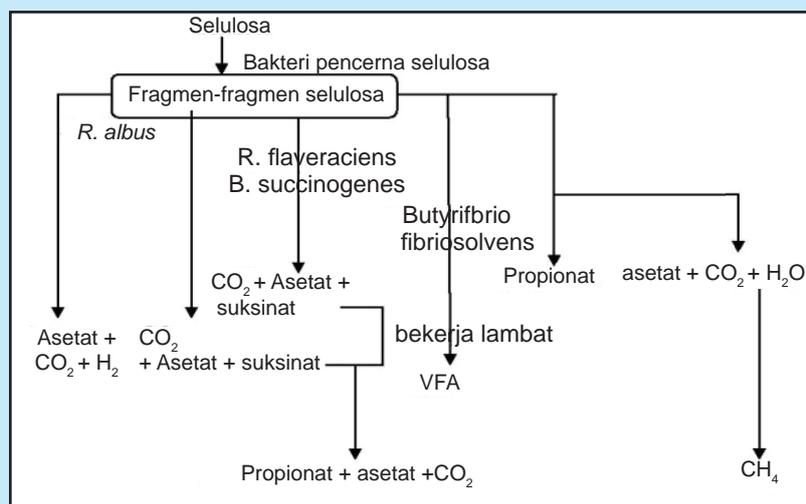
Sampel batubara dihaluskan menggunakan *ringmill* kemudian diayak hingga didapat ukuran serbuk # 80 mesh. Berdasarkan analisis Proksimate maka sampel batubara dapat diketahui jenisnya atau tingkat kematangannya.

### 3. Preparasi Fermentor

Sampel batubara yang sudah melalui tahap *screening* dihancurkan sesuai ukuran yang dikehendaki, yaitu 2,5-4 cm. Kemudian sampel batubara tersebut ditimbang beratnya dan dimasukan ke dalam canister/fermentor bersama cairan rumen, air tawar atau air payau atau air laut yang diukur volumenya masing-masing (Gambar 4).



Gambar 1 Degradasi protein dalam rumen (Sutardi, 1976).



Gambar 2 Fermentasi selulosa terbentuknya VFA dan gas metana (Murwani, 1989 dalam Husnadjat 1998).

Perbandingan sampel Batubara: Cairan rumen: Air adalah 1:1:1 dan 1:2;1. Selanjutnya dibuat blanko pada tiap-tiap fermentor yang berisi cairan rumen dan air tanpa batubara. Fermentor yang telah terisi sampel divakum agar tidak terkontaminasi dengan udara luar. Kemudian fermentor diberikan tekanan gas Helium 400 psi sesuai kondisi reservoir yang diperkirakan. Gas Helium yang digunakan merupakan gas mulia yang tidak bereaksi dengan gas lain, sehingga memudahkan dalam analisis komposisi gas nantinya. Selanjutnya fermentor yang telah terisi batubara, cairan rumen, dan air dimasukkan ke dalam *waterbath* yang berisi air dan telah dipanaskan sesuai temperatur reservoir 60°C.

### III. HASIL DAN DISKUSI

Secara singkat, pengaruh suhu, tekanan, salinitas, dan pH terhadap kemampuan mikroba pada cairan rumen dalam menghasilkan gas metana, dijabarkan sebagai berikut:

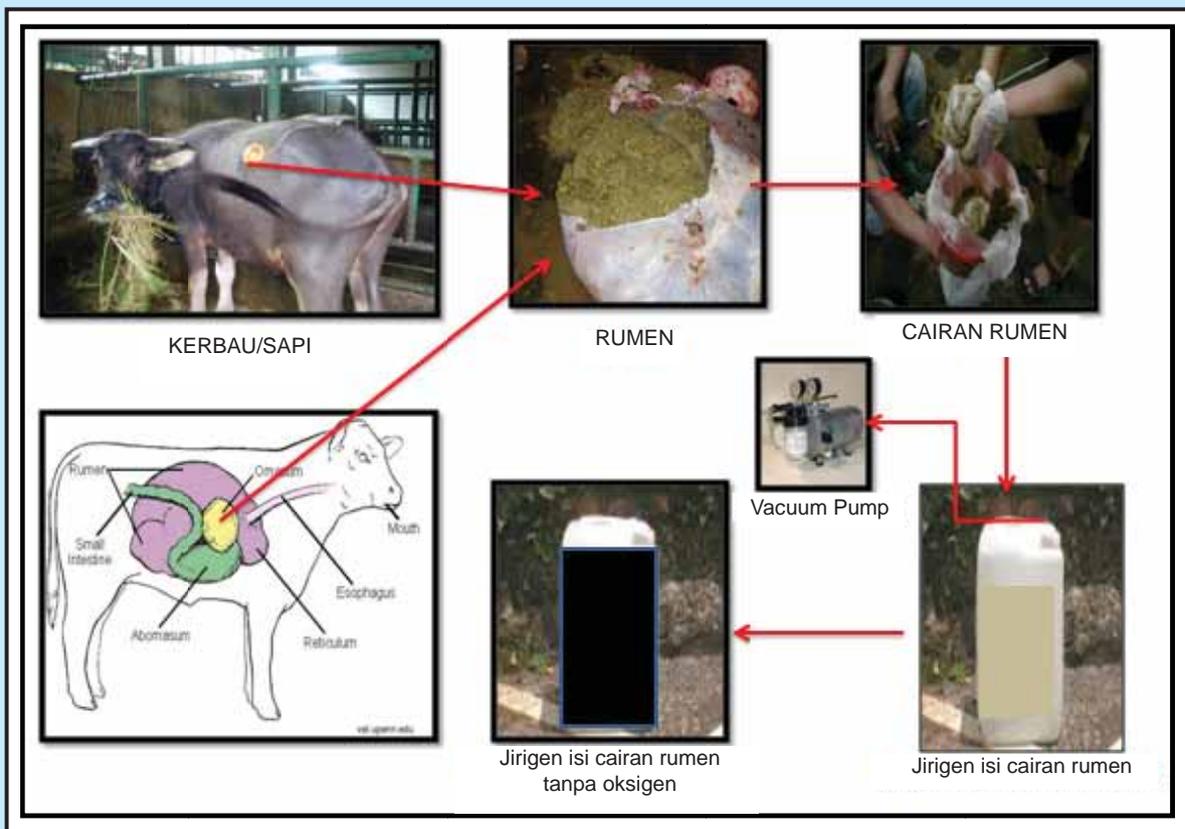
#### A. Pengaruh Variasi Volume dan Suhu Terhadap Produksi Gas Metana Batubara

Pengujian laboratorium yang dilakukan terhadap 3 jenis peringkat batubara (lignit, subbituminous dan bituminous) yang diambil dari area tambang di Sumatera Selatan, menunjukkan bahwa semua jenis batubara itu berpotensi menghasilkan gas metana bila dicampur dengan cairan rumen dengan variasi suhu dan ukuran batubara (Tabel 1).

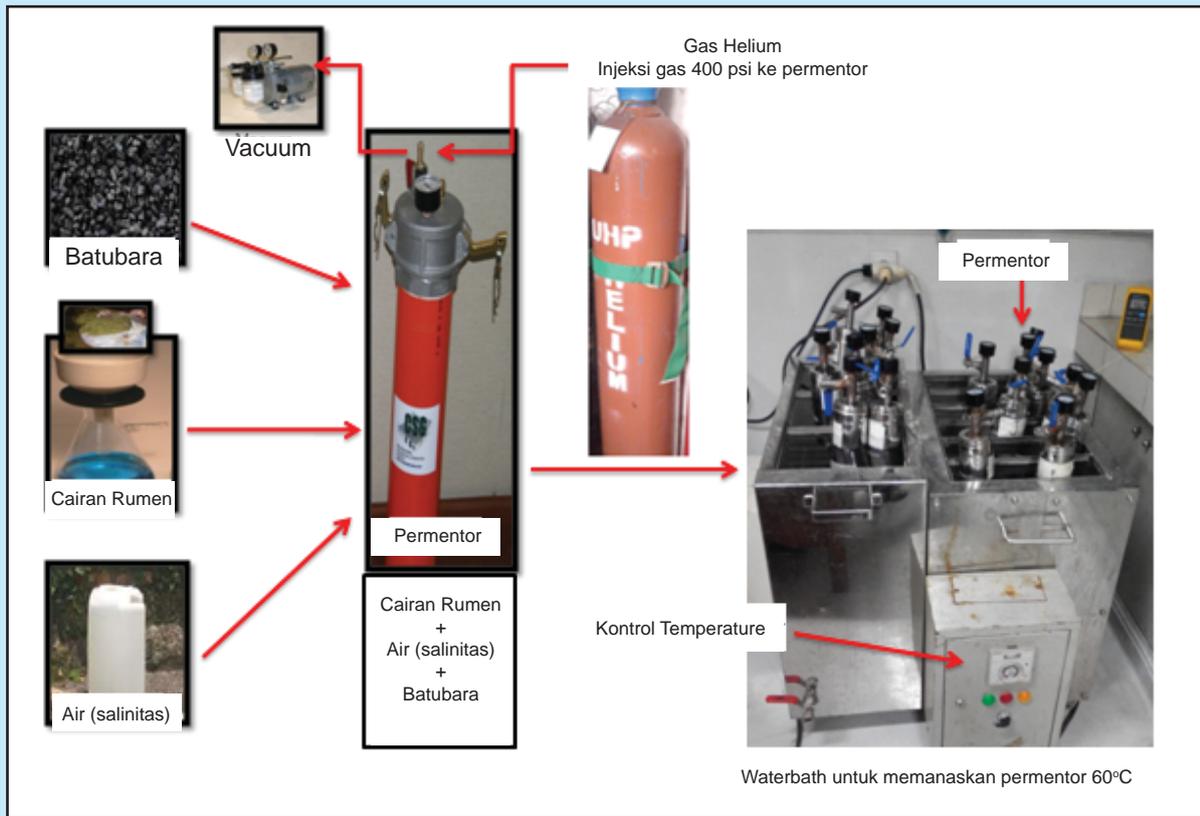
Pada jenis batubara lignit yang dihancurkan dengan ukuran butir 60 mesh dan berukuran kerakal (3 - 5 cm) dan pada suhu 30°C, menghasilkan volume gas terproduksi kumulatif yang tertinggi yaitu sebanyak 647 dan 810 scf/ton dengan formulasi perbandingan campuran 1kg batubara : 1 liter cairan rumen : 1 liter air formasi (1:1:1).

Dengan formulasi yang sama, batubara peringkat subbituminous menghasilkan 420 scf/ton (ukuran 60

mesh, suhu 40°C) dan 565 scf/ton dengan ukuran kerakal pada suhu 30°C. sedangkan batubara bituminous menghasilkan gas terproduksi sebanyak 302 dan 417 scf/ton pada ukuran krakal dan suhu 30°C dan 50°C. Selain jenis batubara, suhu dan ukuran butir tampak mempengaruhi produksi gas yang dihasilkan, hal ini mungkin disebabkan karena lingkungan proses adaptasi hidup mikroba dan kemudahan terjadinya proses degradasi batubara. Hal ini tampak ketika perbandingan formula cairan rumen di tingkatkan (1:2:1) dan pengujian dilakukan pada suhu 50°C, maka jenis batubara lignit menghasilkan volume kumulatif yang tertinggi yaitu 1308 scf/ton, dan yang terendah adalah batubara bituminous yang menghasilkan gas sebanyak 344 scf/ton. Kemampuan mikroba untuk bertahan hidup pada perubahan suhu lingkungan yang lebih tinggi dari suhu asal di perut ternak sapi dan dengan perubahan konsentrasi campuran di dalam perlakuan pengujian, aktifitas mendegradasi batubara lebih baik dan menghasilkan produksi gas yang lebih tinggi. Hal ini mungkin diakibatkan oleh terpenuhinya suhu lingkungan yang memungkinkan populasi dan aktifitas mikroba mendegradasi batubara lebih tinggi sehingga gas yang terbentuk lebih banyak.



Gambar 3  
Proses pengambilan cairan rumen di RPH.



Gambar 4  
Proses preparasi sampel.

Tabel 1  
Hasil uji terhadap produksi gas methana berdasarkan jenis batubara

Ranking	Perconto/Perlakuan	Vol. Gas (ml/kg)	Vol. Gas (scf/ton)	Hari	Vol.Gas Rata-2/hari (ml/kg)	Vol.Gas Rata-2/hari (scf/ton)
1	Lignit (1:1:1) Kerakal 30°C	37030	1308	105	353	12.45
2	Lignit (1:2:1) Kerakal 50°C	22950	810	105	219	7.72
3	Lignit (1:1:1) Mesh 60 30°C	18330	647	50	367	12.95
4	Subbituminus (1:1:1) Kerakal 30°C	15990	565	105	152	5.38
5	Subbituminus (1:2:1) Kerakal 50°C	15930	563	108	148	5.21
6	Subbituminus (1:1:1) Kerakal 60 40°C	11890	420	72	165	5.83
7	Bituminus (1:1:1) Kerakal 50°C	11820	417	97	122	4.30
8	Bituminus (1:2:1) Kerakal 50°C	9730	344	108	90	3.18
9	Bituminus (1:1:1) Kerakal 30°C	8565	302	106	81	2.85

### B. Pengaruh Tekanan Terhadap Produksi Gas Metana Batubara

Pada skala laboratorium, Selain perlakuan variasi suhu dan konsentrasi campuran batubara, cairan

rumen dan air formasi, juga dilakukan uji pengaruh terhadap tekanan. Tekanan dan suhu reservoir GMB (*seam*) bervariasi tergantung dari kedalamannya. Tekanan dan suhu merupakan parameter penting

untuk pembiakan dan pertumbuhan mikroba cairan rumen. Pecampuran batubara, cairan rumen dan air formasi tersebut dilakukan di dalam tabung *fermentor* dengan memberikan variasi tekanan yaitu tekanan ruang (*atmospheric*, 0 psi), 200 dan 400 psi. Di dalam pengujian ini hanya menggunakan batubara peringkat batubara subbituminous sebagaimana potensi penghasil GMB terbanyak di Indonesia di peringkat batubara tersebut, sehingga percobaan ini dapat memberikan referensi bila akan di implementasikan pada skala lapangan. Parameter yang diamati pada percobaan ini adalah perubahan tekanan dan volume gas hasil uji ditunjukkan pada Tabel 2.

Hasil percobaan menunjukkan adanya pengaruh tekanan dimana pada batubara subbituminous dengan perbandingan campuran 1:2:1 dengan tekanan 0 psi atau *atmospheric pressure* menghasilkan gas dengan *cumulative volume* sebesar 314 cf/ton dengan kandungan gas metana sebanyak 183.5 cf/ton, sedangkan pada perlakuan dengan tekanan 200 dan 400 psi, volume gas total terproduksi lebih kecil.

Tekanan memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap produksi gas metana. Semakin tinggi tekanan yang diberikan semakin rendah gas metana yang dihasilkan. Hal ini mengindikasikan bahwa mikroba pada cairan rumen tidak dapat bekerja dengan efektif ketika berada pada lingkungan dengan adanya tekanan, namun demikian, gas metana tetap dapat dihasilkan pada tekanan 400 psi yang jauh lebih tinggi dari kondisi normal hidup mikroba di dalam perut ternak sapi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pemanfaatan mikroba cairan rumen memungkinkan untuk diaplikasikan pada sumur GMB.

### C. Pengaruh Salinitas Air Terhadap Produksi Gas Metana Batubara

Salinitas berperan penting dalam menentukan optimasi kerja mikroba cairan rumen dalam memproduksi gas metana batubara. Setiap reservoir GMB memiliki salinitas yang berbeda-beda. Penelitian ini digunakan jenis air dengan salinitas yang berbeda, yaitu air tawar, payau, dan air laut.

Penggunaan air yang berbeda ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh salinitas air terhadap kemampuan hidup dan perkembangan mikroba cairan rumen untuk memproduksi gas metana. Uji laboratorium telah dilakukan selama 75 hari masa inkubasi dengan perbandingan campuran 1:2:1 pada suhu 60°C dengan tekanan 400 psi. Perlakuan uji salinitas dapat dilihat Tabel 3.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa produksi gas metana pada air salinitas tinggi (air asin) diperoleh volume gas lebih tinggi di banding volume gas dari air tawar dan air payau (Tabel 4).

Pada salinitas yang berbeda pada kondisi temperatur 60°C dan tekanan 400 psi tidak menyebabkan kematian sel secara total. Selama fermentasi terjadi produksi gas metana untuk perlakuan (TA, TB, dan TC) maupun *blanko* (TD, TE dan TF) dengan konsentrasi yang berbeda (Tabel 4).

Data menunjukkan bahwa semakin tinggi salinitas, ternyata mampu meningkatkan produksi gas metana. Perlakuan pada sampel TC yang mengandung air laut mampu menghasilkan gas metana lebih tinggi dibandingkan perlakuan TB dan TA. Setelah 75 hari inkubasi produksi gas metana yang dihasilkan perlakuan TA, TB, dan TC sebesar 146 cf/ton, 187

**Tabel 2**  
Volume gas total dan gas metana pada suhu 30°C dan 60°C terhadap variasi tekanan (0, 200, 400 Psi)

Perlakuan, Konsentrasi	Suhu (60°C)	Vol. Gas Cum.		Vol. Metana Cum.	
		mL/kg	cf/ton	mL/kg	cf/ton
Subbituminus (0 Psi; 1:2:1)	60	8906	314	5196	183.48
Blanko (0 Psi; 0:2:1)	60	6970	246	4368	154.27
Subbituminus (200 Psi; 1:2:1)	60	8646	232	2584	91.26
Blanko (200 Psi; 0:2:1)	60	6582	164	2834	100
Subbituminus (400 Psi; 1:2:1)	60	8518	301	2563	90.52
Blanko (400 Psi; 0:2:1)	60	6195	219	1301	45.93

cf/ton, dan 256 cf/ton. Hal ini mengindikasikan bahwa sumber mikroba dari cairan rumen memiliki ketahanan terhadap salinitas tinggi. Jenis-jenis bakteri penghasil metana, umumnya tahan terhadap salinitas tinggi sampai dengan 50 ppt (Riffat & Krongthamchat 2006).

Setiap reservoir GMB memiliki salinitas yang berbeda-beda, pengaruh salinitas terhadap produksi gas metana dapat dilihat pada Tabel 4.

Hasil pengukuran produksi gas menunjukkan bahwa semua perlakuan mampu menghasilkan gas dengan volume yang berbeda-beda. Hal ini mengindikasikan bahwa sumber mikroba dari cairan rumen memiliki ketahanan terhadap salinitas tinggi. Jenis-jenis bakteri penghasil metana, umumnya tahan terhadap salinitas tinggi sampai dengan 50 ppt (Riffat & Krongthamchat 2006).

#### D. Pengaruh Keasaman (pH) terhadap Produksi Gas Metana Batubara

Mikroba penghasil metana sensitif terhadap perubahan pH. Nilai pH optimum dalam mikroba berkisar 7,0 - 7,2. Apabila terjadi perubahan pH yang ekstrim, maka aktifitas mikroba metanogen akan menurun. Pada awal penguraian akan terjadi penurunan pH akibat terbentuknya asam asetat dan hydrogen sehingga berpotensi menghambat pertumbuhan mikroba. Batubara yang mempunyai nilai sulfur tinggi akan lebih bersifat asam. Batubara yang tercampur dalam media akan melepaskan sulfur anorganik serta senyawa asam-asam organik seperti humat dan fulvat, sehingga pH menjadi lebih asam. Tabel 5 memperlihatkan nilai pH pada setiap perlakuan sampel.

**Tabel 3**  
Perlakuan berbagai kategori air berdasarkan tingkat salinitas

Kode Perlakuan	Tekanan Psi	Suhu °C
Air Tawar + Cairan Rumen + Batubara (TA)	400	60
Air payau + Cairan Rumen + Batubara (TB)	400	60
Air Laut + Cairan Rumen + Batubara (TC)	400	60
Air Tawar + Cairan Rumen (TD)	400	60
Air Payau + Cairan Rumen (TE)	400	60
Air Laut+ Cairan Rumen (TF)	400	60

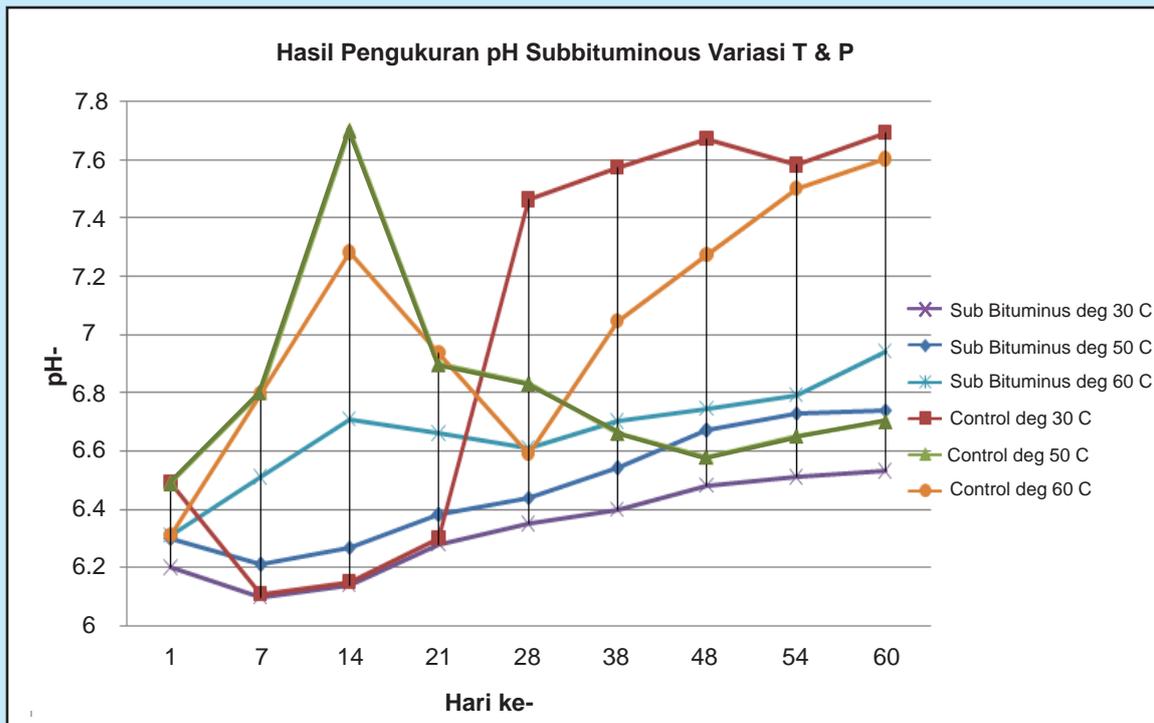
**Tabel 4**  
Pengaruh salinitas terhadap produksi gas metana

Jenis Air	Salinitas ppt, (‰)	Waktu (hari)	Volume gas methana (mL/kg)	Volume gas methana (cf/ton)
Air Tawar	2.45	75	4557,24	146,00
Air Payau	21.23	75	5837,01	187,00
Air Asin	33.17	75	7990,78	256,00
Blanko Air Tawar	2.45	75	2216,19	71,00
Blanko Air Payau	21.23	75	4338,74	139,00
Blanko Air Laut	33.17	75	4401,17	141,00

1. Produksi Gas Metana Batubara dengan Pemanfaatan Mikroba Cairan Rumen pada Berbagai Perlakuan Kondisi dan Media (Dahrul Effendi, dkk.)

**Tabel 5**  
**Hasil pengukuran pH subbituminous pada temperatur 30-60°C**

No.	Jenis Batubara	Hari ke-								
		1	7	14	21	28	38	48	54	60
1	SubBituminus 30°C	6,20	6,10	6,14	6,28	6,28	6,40	6,48	6,51	6,53
2	SubBituminus 50°C	6,30	6,21	6,27	6,38	6,44	6,54	6,67	6,73	6,74
3	SubBituminus 60°C	6,81	NA	6,71	NA	6,61	NA	NA	6,79	6,94
4	Kontrol 30°C	6,49	6,11	6,16	6,30	7,46	7,57	7,67	7,68	7,69
5	Kontrol 50°C	6,49	6,8	7,7	6,9	6,81	6,77	6,58	6,65	6,7
6	Kontrol 60°C	6,81	NA	7,28	NA	6,59	NA	NA	7,5	7,6



**Gambar 3**  
**Hasil pengukuran pH subbituminous pada temperatur 30-60°C.**

Nilai pH selama masa inkubasi berkisar 6.1-7.7. Nilai pH tersebut sesuai dengan pH optimal dari mikroba metanogen. Mikroba dalam rumen hidup pada pH 5,5–7 (Hungate 1966). Perubahan pH menunjukkan bahwa mikroba metanogen dapat mendegradasi batubara dan memproduksi asam-asam volatil dan organik dalam jumlah yang lebih tinggi.

**IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

Hasil penelitian pemanfaatan mikroba cairan rumen dengan mencampurkan cairan rumen, batubara (lignit dan subbituminous dan bituminous) dalam berbagai jenis air formasi (tawar, payau dan asin) dengan perbandingan campuran 1:1:1 dan 1:2:1 dengan tekanan (0 Psi, 200 Psi dan 400 Psi) pada suhu (30°C, 40°C 60°C) menunjukkan bahwa mikroba

metanogen pada cairan rumen berpotensi untuk memproduksi gas metana batubara pada reservoir GMB dan batubara mutu rendah (lignit).

Pengaruh Tekanan berpengaruh pada produksi volume gas metana di mana pada tekanan 0 Psi, perbandingan campuran 1:2:1 dan pada suhu 60°C pada batubara subbituminous dapat menghasilkan volume metana sebesar 183,48 cf/ton. Sedangkan pada tekanan 400 Psi, perbandingan campuran 1:2:1, membentuk gas methana sebesar 90.52 cf/ton.

Inkubasi selama 75 hari pada kondisi reservoir GMB (Tekanan 400 Psi dan suhu 60°C) dengan batubara subbituminous menggunakan cairan rumen dan air asin sebesar 256 cf/ton.

Nilai pH terjadi selama masa inkubasi berkisar antara 6.1-7.7. Nilai pH tersebut sesuai dengan pH optimal dari mikroba metanogen, dimana mikroba dalam rumen hidup pada pH 5,5-7.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS", Badan Penelitian dan Pengembangan Energi Sumber Daya Mineral yang telah memberikan dukungan secara finansial. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada rekan-rekan di Kelompok Laboratorium Non Konvensional, di Koordinator Program Penelitian Pengembangan Teknologi Eksploitasi, yang telah membantu dalam penelitian ini.

#### KEPUSTAKAAN

- Agustina S.**, 2006, Bioremediasi sebagai Alternatif Penanganan Pencemaran Akibat Tambang Batubara, Universitas Negeri Medan
- BPMIGAS.**, 2011, Buletin BPMIGAS ke-67: Mewujudkan Listrik Dari CBM. Badan Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak Dan Gas, Jakarta.
- Campbell, J.**, 1983, Biomass Catalysts and Liquid Fuels, Holt Rainheart and Winston ltd, Pensylvania.
- De Odarza, M. B.**, 2000, Rumen Microbiology, Diakses [http://www.milkproduction.com/Library/Authors/marybeth\\_deondarza.htm](http://www.milkproduction.com/Library/Authors/marybeth_deondarza.htm). 13-08-2009. Pukul 15.02

- Firdaus, I.U.**, 2007, Keuntungan Biogas, [http://Biogen.litbang.deptan.go.id/terbitan/prosiding\\_200384-96susi.pdf](http://Biogen.litbang.deptan.go.id/terbitan/prosiding_200384-96susi.pdf), 01-06-2009. Pukul 13.47
- Fujiati, A.K.**, 2008, Analisis Kandungan Volatile Fatty Acids (VFA) Kultur Probiotik Isolat Khamir R1 dan R2 dalam Fermentor Air-Lift Skala 18 Liter, Skripsi : Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Hungate, R.E.**, 1996, The Rumen and Its Microbes, Academic Press, New York.
- Husnadjat.**, 1998, Peningkatan Daya Cerna Isolat Bakteri Selulolitik Rumen Kerbau Pada Dinding Sel Jerami Padi dengan Dipacu Faktor Pertumbuhan. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian, Bogor
- Ismawati, I.A.**, 2006, Karakteristik Kimia Kotoran Sapi sebagai Bahan Baku Biogas dan Cairan Hasil Buangannya (Effluent), Skripsi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian, Bogor
- Nijaguna, B.**, 2002, Biogas Technology, New Age International (P) Ltd.: New Delhi, India.
- Riffat, R. and Krongthamchat., K.**, 2006. "Specific Methanogenic Activity of Halophilic and Mixed Cultures in Saline Wastewater." International Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 2, Page 291-299.
- Rode, L.M.**, 2000, Maintaining a Healthy Rumen-An Overview. Research Centre, Agriculture and Agri-food. Lethbridge, Canada.
- Strapoc, D, Flynn, P, Courtney, T, Irene, S, Jennifer, M, Julius S.L, Yu-Shih, L, Tobias F.E, Florence, S, Kai-Uwe, H, Maria, M and Arndt, S.**, 2008. Methanogenic microbial degradation of organic matter in indiana coal beds. Methane-producing microbial community in a coal bed of the Illinois Basin: Journal of Applied and Environmental Microbiology, Vol 74, Page 2424– 2432
- Sutardi, T.**, 1997, Ketahanan Protein Bahan Makanan terhadap Degradasi oleh Mikroba Rumen dan Manfaatnya Bagi Peningkatan Produktivitas Ternak. Prosiding Seminar Penelitian dan Penunjang Peternakan, Bogor: LPP IPB.