

## **Semburan gas bercampur air dan lumpur di Desa Metatu, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik, Jawa Timur**

*Gases outbursts mixed with water and mud in the Village of Metatu,  
Benjeng Subdistrict, Gresik Regency, Jawa Timur*

Akhmad Zaennudin, Hanik Humaida, Ugan B. Saing, dan Rachmad W. Laksono

Badan Geologi

Jln. Diponegoro No. 57 Bandung

### **ABSTRAK**

Semburan gas bercampur air dan lumpur di Desa Metatu, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik, Jawa Timur terjadi pada bulan November 2012. Semburan tersebut dipicu oleh akumulasi gas hidrokarbon yang terperangkap di bawah permukaan. Desa Metatu dan sekitarnya merupakan wilayah minyak dan gas bumi yang telah diusahakan sejak zaman Belanda, sehingga banyak dijumpai sumur minyak peninggalan Belanda. Gas hidrokarbon yang memicu semburan Metatu tersebut didominasi oleh gas metana berasal dari *oil window* seperti yang terdapat di gunung lumpur LUSI, Sidoarjo, tetapi kedua mempunyai perbedaan dalam tingkat kematangannya. Kematangan gas metana dari semburan gas Metatu mempunyai tingkat kematangan yang lebih rendah dari tingkat kematangan LUSI.

**Kata kunci:** Metatu, semburan gas, lumpur

### **ABSTRACT**

*Gases outburst mixed of water and mud in Metatu village, Benjeng subdistrict, Gresik regency, East Java occurred in November 2012. This outburst was triggered by high pressure of hydrocarbon gases that were accumulated beneath the surface. Metatu and its surrounding is potentially petroleum and natural gases which was developed since Dutch era, so this area plenty of oil wells that were constructed by Dutch. Hydrocarbon gases that trigger a gas outburst at Metatu is dominated by methane gas of oil window origin like as in LUSI mud volcano, Sidoarjo, but among them different in maturity degree. Hydrocarbon gas maturity of Metatu gas outburst is lower than LUSI.*

**keywords:** Metatu, gases outburst, mud

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Pada tanggal 12 November 2012 sekitar pukul 17.45 WIB terjadi semburan gas bercampur air

dan lumpur di Blok Bendungan, Desa Metatu, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Semburan lumpur tersebut berada sekitar 25 m di sebelah utara salah satu sumur minyak tua yang sudah lama tidak dieksploitasi.

---

*Naskah diterima 14 Agustus 2013 selesai direvisi 01 November 2013*

*Korespondensi, email: zen@vsi.esdm.go.id*

Sebelum terjadi semburan lumpur panas di Sidoarjo pada 29 Mei 2006 yang terus masih berlangsung saat ini, kejadian semburan gas seperti ini sering terjadi di wilayah Metatu ini. Setelah melihat kejadian semburan yang mempunyai kesamaan dengan semburan lumpur Sidoarjo, maka masyarakat sekitarnya mempunyai kekhawatiran yang tinggi dan rasa takut akan bertambah besar seperti semburan Lumpur Sidoarjo. Tapi kenyataannya semburan di Metatu telah berakhir.

Kronologi semburan gas bercampur air dan lumpur yang terjadi di Desa Metatu, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik, Jawa Timur adalah sebagai berikut:

- Semburan pertama kali terjadi pada tanggal 12 November 2012 sekitar jam 17.45 WIB dengan diiringi oleh suara letusan dan gemuruh yang terdengar sampai di kampung sekitarnya (500 m), dengan menyemburkan air bercampur lumpur setinggi sekitar 12 m.
- Sekitar satu jam kemudian tinggi semburan air bercampur lumpur tersebut kemudian turun menjadi 4 m dan masih diiringi oleh suara gemuruh.
- Pada tanggal 18 November 2012 jam 17.30 semburan berhenti. Daerah di sekitar titik semburan terdapat air bercampur minyak mentah (*crude oil*) menggenangi sampai sejauh 20 – 50 m dan mengalir ke daerah yang lebih rendah.

### Permasalahan

Dengan berhentinya semburan lumpur di Metatu sejak tanggal 18 November 2012, maka muncul suatu pertanyaan, faktor apa yang membedakan antara semburan ini dengan sem-

buran LUSI? Karena secara visual kedua semburan tersebut mempunyai kemiripan, ketika semburan Metatu masih aktif dan semburan LUSI pada awal kejadian. Yang berbeda hanya ukurannya saja, semburan LUSI jauh lebih besar sekalanya.

Penelitian secara mendalam perlu dilakukan untuk mengungkapnya. Penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan metoda geologi dan geokimia dari gas dan air baik dari semburan lumpur di Desa Metatu, maupun semburan LUSI, yang kemudian keduanya dibandingkan.

Penelitian ini untuk mengetahui penyebab dari semburan lumpur bercampur air dan gas tersebut, sehingga dalam rangka mitigasi kebencanaan dapat dilakukan secara cepat dan tepat. Hal ini dapat digunakan sebagai referensi bila terjadi peristiwa yang sama di tempat lain pada waktu mendatang.

### Metodologi

Metode yang digunakan adalah observasi visual di lapangan, pengukuran suhu dan pH, deteksi gas ambien di udara, pemeriksaan litologi di sekitar lokasi semburan lumpur, kemudian melakukan sampling air, gas, dan cairan hidrokarbon,

Sampel yang didapat kemudian dianalisis di laboratorium untuk mengetahui komposisi kimianya. Gas hidrokarbon dianalisis dengan menggunakan Gas Chromatograph sedangkan isotop dari gas tersebut dianalisis dengan GC-IRMS (*Gas Chromatograph-Isotope Ratio Mass Spectrometry*). Untuk analisis sidik jari dan komposisi cairan hidrokarbon dilakukan dengan menggunakan *Gas Chromatograph Mass*

*Spectrometry* (GCMS), sedangkan komposisi air dengan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS).

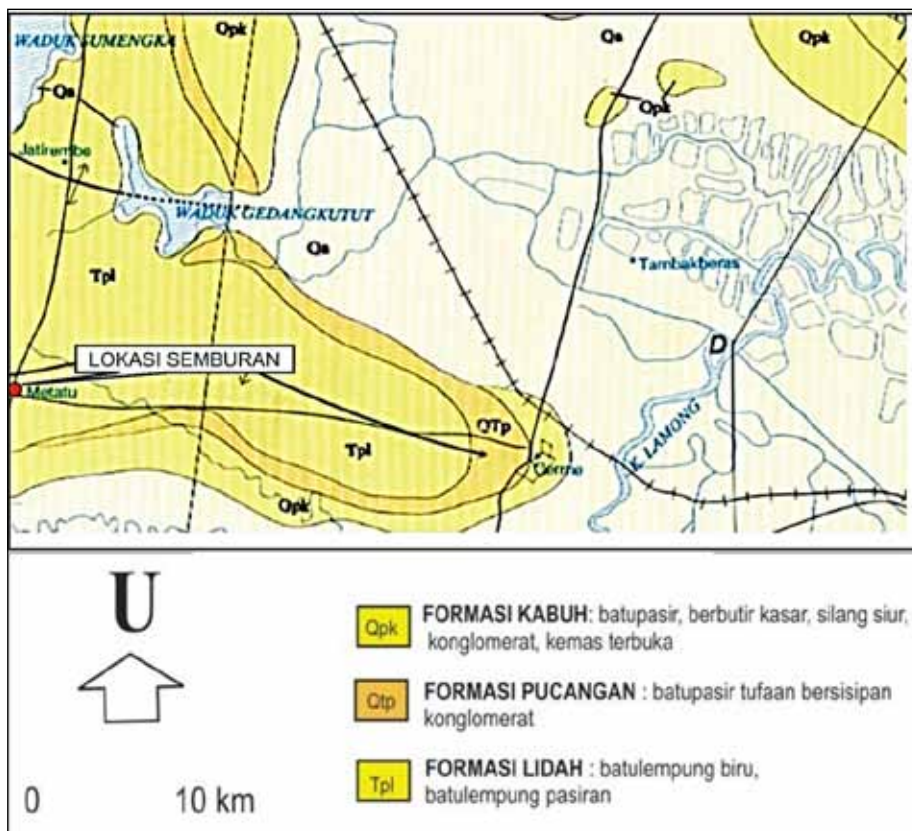
## GEOLOGI

Semburan lumpur bercampur gas dan air Metatu terletak pada suatu punggung antiklin batuan Tersier yang berarah relatif timur - barat. Wilayah ini dan sekitarnya tersusun oleh batuan sedimen dari Formasi Lidah, Pucangan, dan Kabuh yang membentuk struktur antiklin berarah timur – barat (Gambar 1).

Formasi Lidah terdiri dari batu lempung biru, setempat berwarna kehitaman, kenyal, pejal dan keras bila kering, terdapat lensa tipis batu

lempung pasiran berumur Pliosen yang terdapat sebagai inti antiklin. Selaras di atas Formasi Lidah terdapat Formasi Pucangan yang terdiri atas batu pasir tufa bersisipan konglomerat dan batulempung, kaya akan fosil moluska dan plankton. Formasi Pucangan berumur Plistosen Bawah dan ditutupi secara selaras oleh Formasi Kabuh yang berumur Plistosen Atas.

Formasi Pucangan merupakan hasil dari proses pengendapan yang aktif terdiri atas batupasir tufa yang bersisipan dengan konglomerat dan batulempung untuk bagian bawah formasi ini. Bagian atasnya tersusun oleh batupasir tufa berlapis baik, umumnya berstruktur perairan



Gambar 1. Peta Geologi daerah Metatu, Kecamatan Benjeng, Gresik, Jawa Timur

dan silang siur yang biasanya terbentuk pada lingkungan pantai. Sedangkan Formasi Kabuh merupakan hasil proses pengendapan pada lingkungan darat dengan banyak ditemukan fosil manusia purba. Formasi ini tersusun oleh batupasir, setempat kerikilan, berwarna kelabu muda, berbutir kasar, berstruktur perairan, silang siur, konglomerat, terpilah buruk, kemas terbuka, berstruktur pelapisan bersusun.

Jadi sejak terendapkannya Formasi Lidah wilayah Metatu dan sekitarnya mengalami pengangkatan yang dicirikan oleh perubahan lingkungan laut dalam menjadi lingkungan. Dari peta geologi Lembar Surabaya dan Sapulu, Jawa (Sukardi, 1992) terlihat bahwa lokasi semburan tersebut terjadi pada Formasi Lidah, di sumbu antiklin yang menghunjam (*plugging*) ke timur dan ditutupi oleh endapan aluvial.

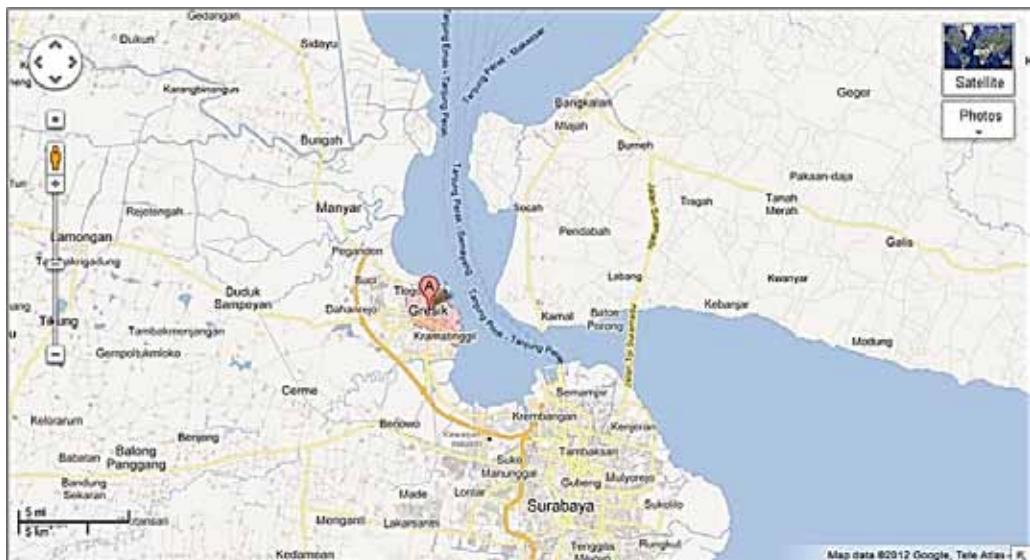
Secara regional wilayah Jawa Timur ini merupakan wilayah yang berpotensi terdapat formasi-formasi yang mengandung minyak dan

gas bumi. Oleh karena itu daerah Metatu dan sekitarnya merupakan daerah minyak dan gas bumi yang telah dieksplotasi sejak zaman Belanda. Pada saat ini diketemukan sumur-sumur tua peninggalan Belanda berjumlah lebih dari 50 sumur, tetapi yang masih dapat ditambang sebanyak 36 sumur. Penambangannya dilakukan secara tradisional dengan menimba minyak tersebut dari sumur yang hanya beberapa meter sampai kurang dari 0,5 m.

## HASIL PENELITIAN

Lokasi semburan lumpur bercampur air dan gas berlokasi di Desa Metatu, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur (Gambar 2) dengan koordinat  $07^{\circ} 13' 09,7''$  LS dan  $112^{\circ} 29' 47,2''$  BT dengan ketinggian 21 m di atas permukaan laut.

Semburan tersebut terjadi pada salah satu titik berjarak 25 m sebelah utara sumur minyak peninggalan Belanda. Semburan terpantau ha-



Gambar 2. Peta lokasi semburan di Desa Metatu, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.



Gambar 3. Semburan lumpur bercampur air dan gas di Metatu, tinggi semburan antara 20 – 30 cm (kiri), lapisan minyak bumi setebal 2 – 3 cm di atas endapan hasil semburan di daerah sekitar semburan (kanan).

nya berupa buakan air keruh yang terdorong oleh gas yang lepas dari dasar kubangan (Gambar 3).

Pada saat menyembur air bercampur lumpur umumnya tidak meluap dari lubang semburan, namun sesekali air bercampur lumpur dan minyak mentah keluar dari bibir lubang bila semburannya cukup besar. Tetapi air yang keluar dari bibir lubang semburan kemudian akan kembali lagi ke lubang semburan bila semburan mereda. Debit air tampak tidak bertambah, oleh karena itu diduga tidak ada suplai air atau minyak dari bawah permukaan. Terlihat juga lapisan minyak mentah (*crude oil*) pada permukaan air luberan kira-kira setebal 2 – 3 cm menutupi air luapan dari semburan yang merupakan hasil semburan pada awal kejadian. Di sekitar titik semburan sampai radius 25 m tercium bau gas hidrokarbon, dan semakin menyengat mendekati titik semburan. Di luar radius tersebut tidak tercium lagi bau gas hidrokarbon.

Di wilayah Desa Metatu banyak terdapat sumur-sumur minyak tua peninggalan Belanda,

masih ada yang mengeluarkan minyak mentah. Beberapa sumur yang masih mengeluarkan minyak mentah (*crude oil*) masih dimanfaatkan oleh masyarakat secara tradisional. Sumur-sumur minyak tua yang terdapat di Desa Metatu beberapa diantaranya diperlihatkan pada Gambar 4. Untuk sumur-sumur yang masih mengeluarkan minyak, permukaan minyak berada sekitar 10 – 200 cm dari permukaan tanah.



Gambar 4. Beberapa kondisi sumur minyak tua yang masih mengeluarkan minyak dan yang sudah mati tertutup tanah (Ugan Saing, November 2012).



Diameter sumur minyak terkecil sekitar 10 - 14 cm dan terbesar 80 cm.

## GEOKIMIA

Penyelidikan geokimia yang dilakukan meliputi pengukuran-pengukuran gas di udara sekitar semburan, keasaman air, temperatur, serta pengambilan sampelpercontoh baik air, minyak mentah, dan gas, serta observasi sumur-sumur minyak tua peninggalan Belanda yang ada di area Desa Metatu terutama yang berdekatan dengan semburan.

Pengukuran gas ambien di sekitar area semburan dilakukan dengan menggunakan detektor gas Drager X-am 7000. Hasil pengukuran gas di lubang sumur minyak tua yang ditutup dengan beton yang berjarak sekitar 20 m dari semburan lumpur Metatu, mengandung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) lebih dari 100 % LEL (*Low Explosive Limit*), gas  $\text{CO}_2$  sebesar 4,7 % vol, dan tidak mengandung gas CO dan  $\text{H}_2\text{S}$ . Sedang-

kan di pusat semburan konsentrasi gas metana ( $\text{CH}_4$ ) sebesar 46% LEL, gas  $\text{CO}_2$  0,8% vol dan juga tidak mengandung gas CO dan  $\text{H}_2\text{S}$ . Pengukuran gas lebih dari radius 1 m dari pusat semburan sudah tidak mengandung gas apapun.

Keasaman air semburan bersifat netral dengan nilai pH sebesar 7,16 dengan temperatur air sebesar  $36^\circ\text{C}$ . Jadi semburan air bercampur gas ini merupakan semburan yang bersuhu rendah dengan air bersifat netral.

Ada 36 sumur tua peninggalan Belanda di wilayah ini yang telah diteliti terutama pada sumur-sumur minyak yang dekat dengan titik semburan lumpur Metatu. Hasil pengukuran gas ambien tiap sumur tersebut dan lokasi pengambilan percontoh air/lumpur, minyak mentah dan gas disajikan dalam Tabel 1 dan lokasinya tergambar dalam Gambar 5.

percontoh-percontoh dianalisis di laboratorium. Komposisi gas hidrokarbon dianalisis



Gambar 5. Peta lokasi sumur-sumur tua peninggalan Belanda di Desa Metatu yang diteliti sebanyak 36 sumur dan beberapa sumur diambil percontoh gas, air, dan minyak mentahnya.

Tabel 1. Sumur-sumur minyak tua peninggalan Belanda di Desa Metatu

Sumur Minyak	Koordinat	CH <sub>4</sub> (% LEL)	CO <sub>2</sub> (% vol)	CO (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppm)	Keterangan
SM1*^	07°13'10,2" LS 112°29'47,4" BT	>100	4,7	-	-	Sumur minyak dekat semburan, ditutup dengan beton
SM2*^	07°13'15,9" LS 112°29'47,3" BT	7	-	-	-	Masih mengeluarkan minyak, ada gelembung gas
SM3*	07°13'11,5" LS 112°29'44,8" BT	25-31	-	-	-	Masih mengeluarkan minyak, ada gelembung gas
SM4	07°13'09,2" LS 112°29'45,1" BT	-	-	-	-	Sumur minyak ini sudah terendam oleh air semburan
SM5	07°13'06,8" LS 112°29'43,7" BT	-	-	-	-	Masih mengeluarkan minyak, ada gelembung gas
SM6*^	07°13'06,7" LS 112°29'43,7" BT	-	-	-	-	Berjarak 3 m dari SM5
SM7	07°13'07,4" LS 112°29'42,2" BT	49	-	-	-	Masih mengeluarkan minyak, ada gelembung gas, minyak masih ditambang perorangan
SM8	07°13'07,2" LS 112°29'42,2" BT	-	-	-	-	Sudah mati, berjarak 8 m dari SM7
SM9*^	07°13'07,4" LS 112°29'42,0" BT	-	-	-	-	Sudah mati, tidak ada gelembung gas
SM10*	07°13'06,5" LS 112°29'39,0" BT	3	-	-	-	Masih mengeluarkan minyak
SM11*	07°13'03,2" LS 112°29'39,6" BT	-	-	-	-	Sudah ditutup
SM12	07°13'03,0" LS 112°29'44,7" BT	>100	2,8	-	-	Masih mengeluarkan minyak, masih ditambang perseorangan
SM13	07°13'01,2" LS 112°29'43,9" BT	-	-	-	-	Sudah ditimbun rata dengan tanah

Tabel 1. Sumur-sumur minyak tua peninggalan Belanda di Desa Metatu (lanjutan)

Sumur Minyak	Koordinat	CH <sub>4</sub> (% LEL)	CO <sub>2</sub> (% vol)	CO (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppm)	Keterangan
SM14	07°13'01,9" LS 112°29'46,5" BT	-	-	-	-	Sudah ditimbun rata dengan tanggul
SM15	07°12'59,4" LS 112°29'50,1" BT	5	0,3	-	-	Masih mengeluarkan minyak, aktif ditambang penduduk
SM16	07°13'03,7" LS 112°29'52,7" BT	-	-	-	-	Sudah mati dan tertimbun tanah
SM17	07°13'02,9" LS 112°29'57,9" BT	-	-	-	-	Sudah ditutup
SM18	07°12'59,9" LS 112°29'59,1" BT	-	-	-	-	Sudah ditutup
SM19	07°12'56,8" LS 112°30'00,2" BT	>100	>5	16	2	Masih mengeluarkan minyak & gelembung gas, aktif ditambang
SM20	07°13'06,0" LS 112°29'56,8" BT	85	0,5	-	-	Masih mengeluarkan minyak & gelembung gas, ditambang penduduk.
SM21	07°13'09,4" LS 112°29'56,4" BT	11	0,4	-	-	Masih mengeluarkan minyak & gelembung gas, ditambang.
SM22	07°13'09,2" LS 112°29'55,9" BT	96	1,5	3	-	Masih mengeluarkan minyak & gelembung gas, ditambang.
SM23	07°13'16,4" LS 112°29'54,2" BT	12	-	-	-	Masih mengeluarkan minyak & gelembung gas, ditambang.
SM24	07°13'23,0" LS 112°29'48,4" BT	8	-	-	-	Masih mengeluarkan minyak & gelembung gas, ditambang, diameter sumur 80 cm
SM25	07°13'29,2" LS 112°29'46,2" BT	-	-	-	-	Sudah ditutup rata dengan tanah
SM26	07°13'25,6" LS 112°29'37,9" BT	-	-	-	-	Sudah tertutup rerumputan



Tabel 1. Sumur-sumur minyak tua peninggalan Belanda di Desa Metatu (lanjutan)

Sumur Minyak	Koordinat	CH <sub>4</sub> (% LEL)	CO <sub>2</sub> (% vol)	CO (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppm)	Keterangan
SM27	07°13'19,9" LS 112°29'39,8" BT	-	-	-	-	Sudah ditutup, tetapi sewaktu-waktu dibuka lagi untuk ditambang minyaknya
SM28	07°13'16,0" LS 112°29'37,2" BT	10	-	-	-	Masih mengeluarkan minyak & gelembung gas, ditambang.
SM29	07°13'16,7" LS 112°29'50,4" BT	-	-	-	-	Sudah ditutup, berada dalam sekolah madrasah
SM30	07°13'14,2" LS 112°29'52,9" BT	-	-	-	-	Sudah tertutup tanah
SM31	07°13'13,2" LS 112°29'52,8" BT	-	-	-	-	Sudah rata dengan tanah, pada tahun 2011 pernah mengeluarkan lumpur
SM32	07°13'10,8" LS 112°29'53,4" BT	9	-	-	-	Masih mengeluarkan minyak, ada gelembung gas, masih aktif ditambang penduduk
SM33	07°13'06,9" LS 112°29'52,1" BT	5	-	-	-	Masih mengeluarkan minyak & gelembung gas, ditambang.
SM34	07°13'06,7" LS 112°29'51,7" BT	14	0,3	-	-	Masih mengeluarkan minyak & gelembung gas, ditambang.
SM35	07°13'06,7" LS 112°29'51,7" BT	10	-	-	-	Masih mengeluarkan minyak & gelembung gas, ditambang.
SM36	07°13'06,4" LS 112°29'51,8" BT	27	0,3	-	-	Masih mengeluarkan minyak, ada gelembung gas, masih aktif ditambang penduduk

Keterangan:

\* : diambil percontoh gas

^ : diambil percontoh minyak mentah dan air

dengan Gas Chromatograph sedangkan isotop dari gas tersebut dianalisis dengan GC-IRMS. Untuk analisis sidik jari serta komposisi cairan hidrokarbon dilakukan dengan GCMS,

sedangkan komposisi air dengan AAS. Hasil analisis komposisi gas dan isotopnya ditampilkan pada Tabel 2 dan hasil analisis air dicantumkan dalam Tabel 3.

Tabel 2. Nilai Isotop Karbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ), Hidrokarbon dan Komposisi Gas semburan Lumpur di Desa Metatu, November 2012

Komponen	Sampel									
	Titik Utama (Sumur 1)		Sumur 2		Sumur 5		Sumur 6		Sumur 9	
	$\delta^{13}\text{C}$	M o l %	$\delta^{13}\text{C}$	Mol %	$\delta^{13}\text{C}$	M o l %	$\delta^{13}\text{C}$	M o l %	$\delta^{13}\text{C}$	Mol %
Hidrokarbon										
Metana ( $\text{CH}_4$ )	-37,87	69,25	-44,64	18,94	-38,88	64,27	-38,65	14,49	-53,49	2,05
Etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )	-24,33	0,52	-23,20	0,20	-24,08	0,85	-24,59	0,44	-29,00	0,02
Propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )	-20,92	0,5	-19,92	0,17	-24,11	1,12	-25,88	0,80	-27,70	0,07
Iso-Butana ( $\text{iC}_4\text{H}_{10}$ )	-26,98	0,27	-25,96	0,04	-27,03	0,70	-27,28	0,44	-28,60	0,05
n-Butana ( $\text{nC}_4\text{H}_{10}$ )	-22,56	0,11	-13,65	0,01	-22,01	0,19	-24,86	0,19	-26,30	0,03
Iso-Pentana ( $\text{iC}_5\text{H}_{12}$ )	-	0,10	-	0,02	-	0,22	-	0,16	-	0,03
n-Pentana ( $\text{nC}_5\text{H}_{12}$ )	-	0,01	-	-	-	0,01	-	0,01	-	0,03
Hexana+ ( $\text{C}_6\text{H}_{14}^+$ )	-	0,16	-	-	-	0,05	-	0,06	-	0,05
Non Hidrokarbon										
Nitrogen	-	14,37	-	60,4	-	18,01	-	62,81	-	75,1
Karbon dioksida	19,5*	5,25	17,05*	0,77	21,66*	4,1	21,86*	0,72	12,96*	0,17
Oksigen	-	9,46	-	19,45	-	10,48	-	19,88	-	22,48

Keterangan:

\*: hasilnya dipertimbangkan karena ada pengaruh kontaminasi atmosfer.

Tabel 3. Komposisi Kimia Air Semburan Metatu, November 2012

Unsur/ Senyawa	Air Semburan (Titik Utama)	Air Luberan Semburan (jarak 20 m dari Titik Utama)	Air Semburan Setelah Mati
SiO <sub>2</sub>	43,38	35,91	43,33
Al	0,00	0,00	0,00
Fe	1,39	1,37	1,56
Ca	442,80	563,00	412,40
Mg	154,40	182,80	159,00
Na	6.894,00	6.962,67	6.578,00
K	348,40	339,40	268,60
Li	0,94	0,95	0,89
Mn	0,27	0,84	0,32
NH <sub>3</sub>	70,56	65,42	72,66
Cl	12.416,77	9.721,98	8.222,57
SO <sub>4</sub>	12,31	39,49	19,49
HCO <sub>3</sub>	2.556,40	2.223,30	2.475,10
H <sub>2</sub> S	13,34	10,29	15,89
B	17,19	22,97	18,47
pH Lab.	7,40	7,53	7,40

Keterangan: Kecuali pH, semua unsur/senyawa dalam satuan mg/L.

## PEMBAHASAN

Di Desa Metatu terdapat banyak sumur-sumur minyak tua peninggalan Belanda dan beberapa diantaranya masih aktif ditambang oleh penduduk setempat secara tradisional. Sumur 1 merupakan sumur yang paling besar ukurannya dan produksi minyaknya, bahkan sumur minyak ini dikontrakan kepada salah satu pengusaha lokal untuk ditambang secara tradisional.

Cara penambangannya dengan memasukan timba berbentuk tabung dimasukkan kedalam lubang sumur bor kemudian ditarik secara beramai-ramai oleh beberapa orang ke permukaan dan kemudian minyak yang terdapat dalam

tabung tersebut dituang ke wadah yang disediakan dan dilakukan berulang-ulang.

Karena produksi minyaknya sangat sedikit, tidak sebanding dengan biaya penambangan yang dikeluarkan, maka pengusaha mengalami kerugian cukup besar dan akhirnya usaha penambangan tersebut dihentikan. Ketika terjadi semburan lumpur bercampur gas terjadi, penutupan sumur minyak tersebut sudah berlangsung selama tiga tahun. Sumur tersebut ditutup dengan beton yang cukup kuat sehingga tidak ada celah lagi sebagai jalan keluarnya gas yang berasal dari minyak bumi. Munculnya gas hidrokarbon ini terjadi juga pada sumur-sumur

minyak tua lainnya di wilayah ini. Hal ini terantau ketika dilakukan pengambilan sampel.

Akibat penutupan sumur tersebut dengan beton, maka gas hidrokarbon yang keluar dari minyak akan terakumulasi pada bagian atas. Proses yang sama terjadi juga pada sumur-sumur tua lainnya, tetapi pada sumur-sumur ini tidak terjadi semburan gas, karena selalu ditambang. Semburan lumpur yang terjadi di Metatu diakibatkan oleh dorongan gas hidrokarbon yang terakumulasi tersebut disertai oleh air, lumpur, serta sebagian kecil minyak mentah.

Penyelidikan kandungan komposisi kimia dari lumpur, cairan hidrokarbon, dan gas yang terdapat dalam semburan gas Metatu dilakukan untuk mendapatkan apa yang terjadi dalam fenomena semburan lumpur bercampur gas tersebut. Disamping itu juga dilakukan pengambilan sampel dari beberapa sumur minyak tua peninggalan Belanda di sekitarnya.

Metode sidik jari dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan komposisi hidrokarbon dari sampel yang diambil dari daerah penyelidikan. Demikian juga untuk mengetahui karakter gas yang disemburkan dari lubang utama dan beberapa lubang sumur minyak tua lainnya dilakukan analisis komposisi dan rasio isotop  $\delta^{13}\text{C}$  dari gas hidrokarbonnya.

Komposisi isotop karbon dari gas memberikan informasi berharga mengenai sumber hasil proses oleh bakteri (James and Burns, 1984), termogenik (Schoell, 1983), dan migrasi (Leythaeuser *et al.*, 1982). Data isotop karbon dari karbon dioksida dapat digunakan untuk memperkirakan asal dari gas  $\text{CO}_2$  tersebut (Hunt, 1996).

Sebagian besar gas alam dalam cekungan sedimen berasal dari hasil aktivitas bakteri maupun degradasi termal dari kerogen pada kedalaman tinggi (Schoell, 1983). Gas alam hasil aktivitas mikroba mengandung  $\text{C}_1$  sangat dominan ( $\delta^{13}\text{C} < -55 \text{‰}$ ) dengan sedikit kandungan  $\text{C}_2$  dan jejak  $\text{C}_3$ . Gas yang berasosiasi termogenik mengandung hidrokarbon  $\text{C}_2^+$  sangat besar dengan  $\text{C}_1$  kaya akan  $\delta^{13}\text{C} > -50 \text{‰}$ . Gas yang tidak berasosiasi termogenik yang berasal dari batuan sumber terestrial maupun laut dengan kematangan termal tinggi hanya mengandung  $\text{C}_1$  yang sangat diperkaya oleh  $\delta^{13}\text{C}$  (Schoell, 1983).

Dari hasil analisis komposisi gas dan isotop seperti ditampilkan pada Tabel 2 terlihat bahwa komposisi gas pada semburan titik utama dan sumur-sumur minyak yang ada di Desa Metatu adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ). Hal ini dapat dilihat dari konsentrasi gas metana pada semburan titik utama (sumur 1) dan sumur 5 masing-masing 69,25% mol dan 64,27% mol yang diikuti dengan gas hidrokarbon lainnya seperti etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), dan butana ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) dengan konsentrasi antara 0,01 – 1,12% mol. Sedangkan konsentrasi gas metana untuk sumur 2, 6, dan 9 sebesar 2,05 – 18,94% mol jauh lebih kecil dari pada konsentrasi nitrogen dan oksigen. Kecilnya konsentrasi gas hidrokarbon ini tidak mempengaruhi nilai isotop hidrokarbonnya dan tingginya konsentrasi gas nonhidrokarbon (nitrogen dan oksigen) kemungkinan akibat kontaminasi dari udara. Namun demikian indikasi kontaminasi udara luar ini tidak berpengaruh terhadap karakter isotop dari hidrokarbonnya misalnya  $\delta^{13}\text{C}$  dari  $\text{C}_1$  -  $\text{C}_2^+$ . Sebagai pembanding dari komposisi gas hi-

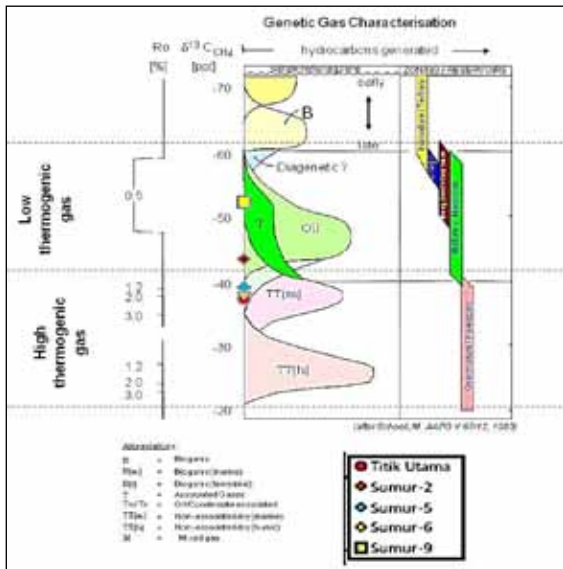
drokarbon dan isotop karbonnya yang terdapat dalam semburan ini dengan semburan LUSI, Bledug Kuwu dan Mrapen di Grobogan, Jawa Tengah (Tabel 4). Hasilnya memperlihatkan ada perbedaan yang nyata, baik dari komposisi gas dan isotop karbonnya.

Nilai isotop karbon dari gas hidrokarbon dan gas karbon dioksida ini digunakan untuk mempelajari tingkat kematangan termal gas, karakteristik gas, dan tipe bahan organik sumber gas tersebut. Tingkat kematangan suatu gas dapat ditentukan berdasarkan nilai isotop dari gas hidrokarbonnya dengan menggunakan diagram

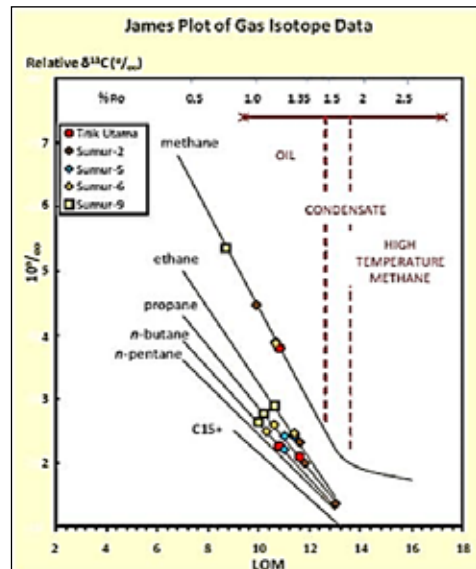
“James Plot” (Gambar 6 dan Gambar 7). Terlihat bahwa gas hidrokarbon dari Desa Metatu mempunyai nilai kematangan yang rendah dengan  $R_o$  (*vitrinite reflectance*) berkisar antara 0,5 – 1,35%. Berdasarkan besaran nilai tersebut maka gas dari Desa Metatu dapat dikategorikan sebagai gas termogenik yang terbentuk pada saat terjadinya pematangan minyak bumi (*oil cracking*) seperti diperlihatkan dalam Gambar 8. Sehingga gas tersebut merupakan associated gas dari batuan sumber dengan kandungan bahan organik sapropelik (aquatik) dan dikategorikan sebagai ‘*low thermogenic gas*’ (Gambar 9).

Tabel 4. Analisis Komposisi dan isotop karbon gas LUSI, Bledug Kuwu, dan api abadi Mrapen bulan November 2011

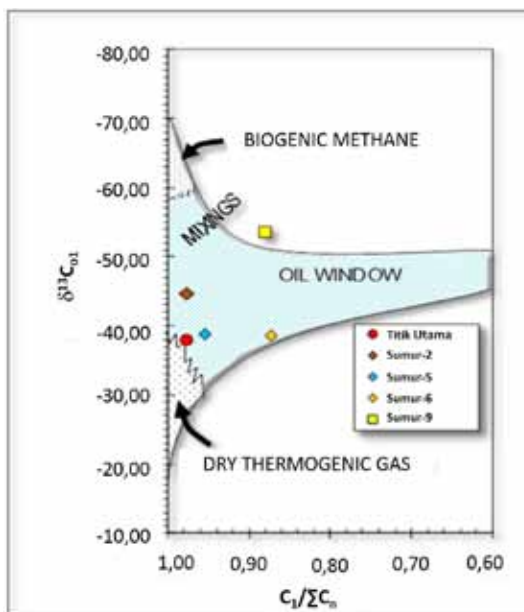
Komponen	Bledug Kuwu		Mrapen		Candi Pari		Pesawahan	
	$\delta^{13}C$	Mol %	$\delta^{13}C$	Mol %	$\delta^{13}C$	Mol %	$\delta^{13}C$	Mol %
Nitrogen ( $N_2$ )	18,0720		37,8318		14,9815		13,5965	
Karbon dioksida ( $CO_2$ )	74,3240	-2,46	12,0966	-13,53	0,1267	nd	0,3187	nd
Oksigen ( $O_2$ )	6,2314		9,8735		4,2140		3,8791	
Metana ( $CH_4$ )	1,3726		40,1981	-51,50	76,2441	-43,97	76,9141	-42,32
Etana ( $C_2H_6$ )	0,0000		0,0000		2,6337	-27,67	3,2173	-27,77
Propana ( $C_3H_8$ )	0,0000		0,0000		1,2392	-25,53	1,4432	-25,86
Iso Butana ( $iC_4H_{10}$ )	0,0000		0,0000		0,2616	-26,66	0,2870	-26,51
N- Butana ( $nC_4H_{10}$ )	0,0000		0,0000		0,1921	-24,38	0,2203	-24,09
Iso Pentana ( $iC_5H_{12}$ )	0,0000		0,0000		0,0691		0,0778	
N- Pentana ( $nC_5H_{12}$ )	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
Heksana Plus ( $C_6H_{14}^+$ )	0,0000		0,0000		0,0379		0,0459	
$C_2^+$	0,0000		0,0000		4,4336		5,2915	
$C1/C_2^+$	-		-		17,1969		14,5354	



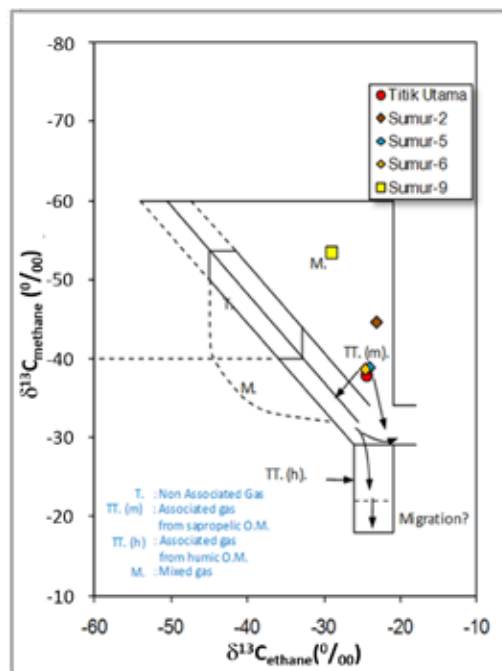
Gambar 6. Diagram Gas Generation



Gambar 7. Kematangan Termal gas.



Gambar 8. Karakteristik gas metana dari Desa Metatu diperkirakan terbentuk selama proses pembentukan atau pematangan minyak bumi.



Gambar 9. Gas di Desa Metatu merupakan asosiasi gas (*associated gas*) dari batuan sumber dengan kandungan bahan organik sapropelik (*aquatik*) yang terbentuk selama proses pematangan minyak bumi.



*Low thermogenic* gas terbentuk selama fasa diagenesis (awal proses kematangan termal) sampai dengan akhir pembentukan minyak bumi dan dalam termo geokimia lazim direfleksikan dengan nilai  $R_o$  antara 0,3 – 1,2%.

Kandungan gas  $CO_2$  sangat bervariasi dari kisaran sangat rendah (<1% mol) sampai dengan 5% mol. Karena tekanan gas pada saat pengambilan sampel sangat rendah, terutama untuk sampel yang di luar lubang semburan utama, diperkirakan beberapa sampel menunjukkan nilai rasio isotop karbon  $CO_2$  yang tidak representatif. Kondisi tersebut dimungkinkan oleh degradasi mikroba dan kontaminasi selama proses pengambilan dan penanganan sampel menuju laboratorium. Hal ini tercermin pada rasio isotop karbon dari gas  $CO_2$  (Tabel 3) yang menunjukkan variasi kisaran nilai yang cukup besar dan nilai rasio isotop karbon gas karbon dioksida ini sangat positif yang tidak lazim (>12 PDB). Meskipun ada indikasi kontaminasi dari udara sekitar lokasi, dimungkinkan karbon dioksida berasal dari sumber yang sama (Gambar 10).

Berdasarkan hasil penyelidikan dan analisis komposisi gas dan isotopnya, gas semburan di Desa Metatu berbeda dengan gas semburan LUSI. Gas LUSI merupakan gas termogenik “non-associated gas” yang berasal dari batuan sumber dengan fasies marin dengan tingkat kematangan termal gas yang tinggi dengan sumber yang dalam (Zaennudin *et al.*, 2010). Kandungan gas  $CO_2$  sangat bervariasi dengan rasio isotop karbon menunjukkan  $CO_2$  hasil kontribusi utama dari degradasi termal batuan karbonat yang memberikan indikasi ekspulsi gas yang akan berlangsung lama. Sedangkan gas dari Desa Metatu, seperti yang telah disebut-

kan di atas, gas ini merupakan “associated gas” dengan kematangan yang rendah. Adapun gas  $CO_2$  yang terkandung dalam gas Metatu sangat rendah dengan nilai rasio isotop yang positif.

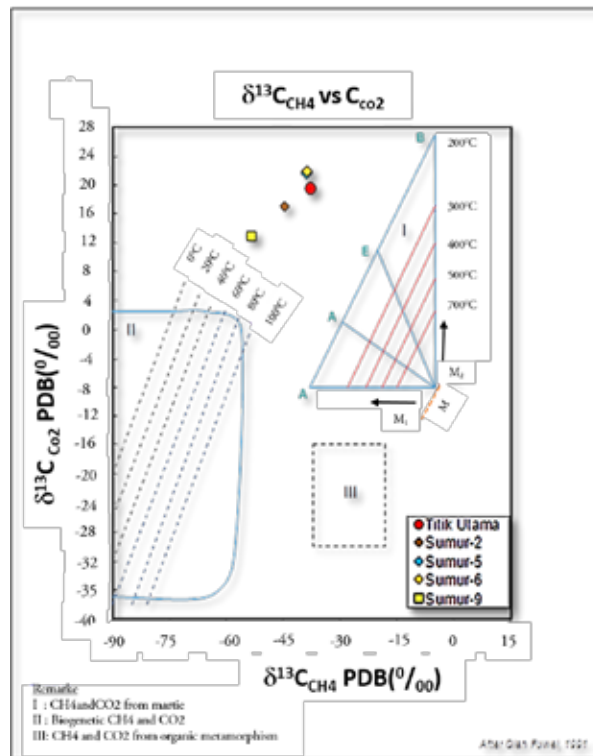
Hasil analisis berupa kromatogram tercantum dalam Gambar 10. Hasil tersebut memperlihatkan tidak ada perbedaan yang signifikan pada konfigurasi n-alkana dari sampel baik dari semburan utama maupun dari cairan hidrokarbon dari sumur-sumur minyak tua yang ada di sekitar semburan. Kromatogram menunjukkan distribusi n-alkana dari  $nC_{12}$  sampai dengan  $nC_{31}$  dengan kecenderungan karakteristik puncak dominan pada retensi waktu  $nC_{13}$  sampai dengan  $nC_{18}$ . Perbandingan antara senyawa pristana dan fitana (ratio pr/ph) memberikan kisaran yang sempit yaitu antara 4,17 – 6,13 (Gambar 11). Kemiripan karakter hidrokarbon yang terkandung di dalam lumpur/cairan hidrokarbon ditunjukkan dengan jelas pada distribusi n-alkana serta diagram rasio fitana/ $nC_{17}$  terhadap pristana/ $nC_{18}$  (Gambar 12), karena seluruhnya menunjukkan pada satu kondisi yang sama.

Data analisis memberikan indikasi bahwa cairan hidrokarbon berasal dari batuan sumber yang sama secara genetik asal lingkungan pengendapan delta beroksigen tinggi dengan bahan organik terdiri dari mayoritas tumbuhan darat. Indikator lain yang menunjukkan senyawa yang berasal dari tumbuhan darat adalah adanya Oleanan ( $C_{30}$ ) yang merupakan tumbuhan darat tingkat tinggi dari spesies angiospema. Senyawa ini di Indonesia diketahui banyak dijumpai pada batuan sumber dari lingkungan delta sampai paparan laut dan amat jarang dijumpai dalam jumlah melimpah pada lingkungan danau.

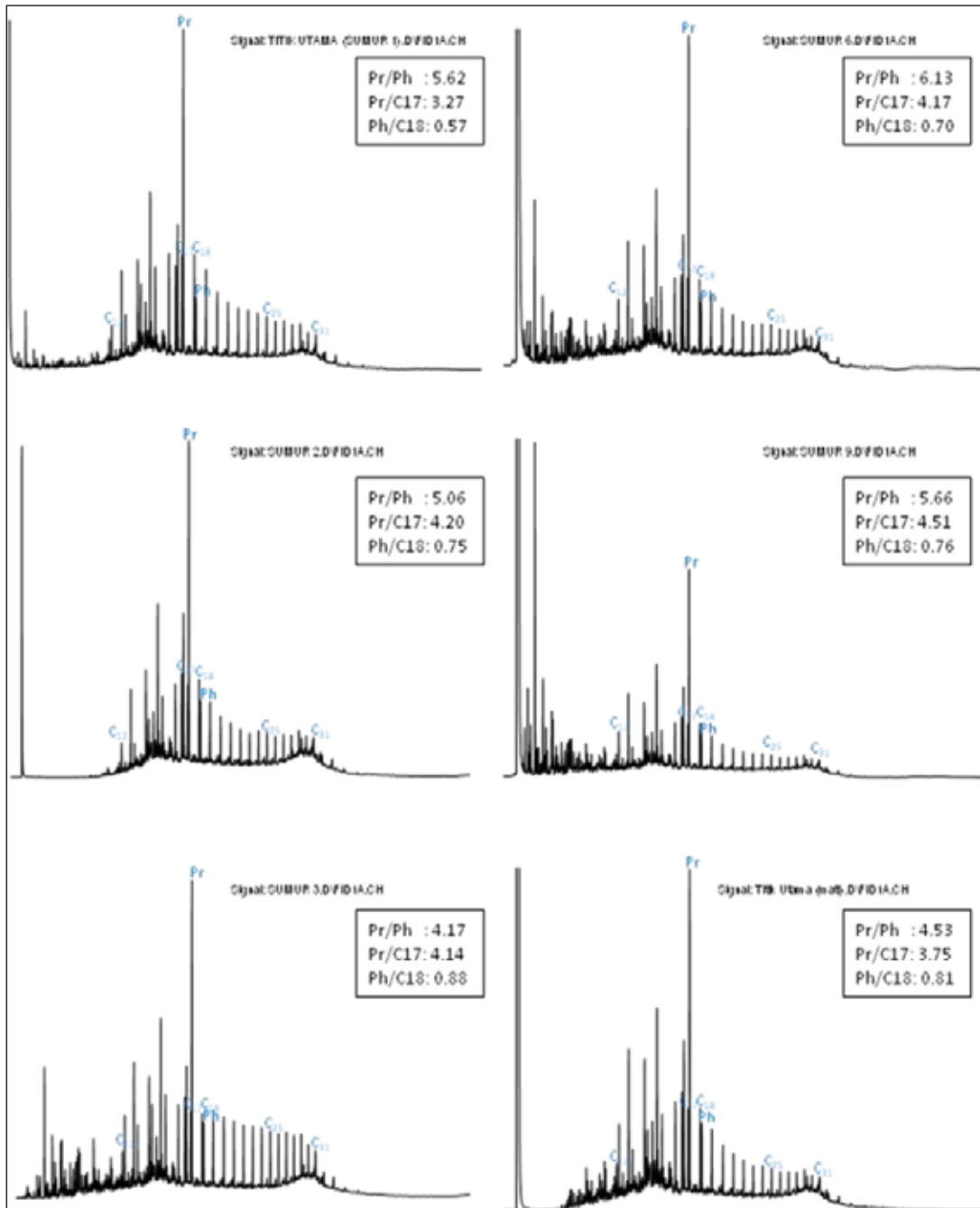
Seperti halnya gas yang teremisikan, cairan hidrokarbon dari semburan lumpur di Desa Metatu juga berbeda dengan cairan hidrokarbon dari semburan LUSI. Cairan hidrokarbon LUSI mempunyai distribusi n-alkana dari  $nC_9$  sampai dengan  $nC_{37}$  dengan kecenderungan karakteristik puncak dominan pada waktu retensi antara  $nC_{15}$  sampai  $nC_{27}$ . Data hasil analisis dari ekstrak LUSI, memberikan indikasi kuat bahwa hidrokarbon tersebut berasal dari tumbuhan darat dan biota asal lingkungan akuatik tertutup yang berasosiasi klastik halus dari lingkungan danau seperti ganggang. Hal ini berbeda dengan hidrokarbon dari semburan

lumpur Desa Metatu yang telah disebutkan di atas.

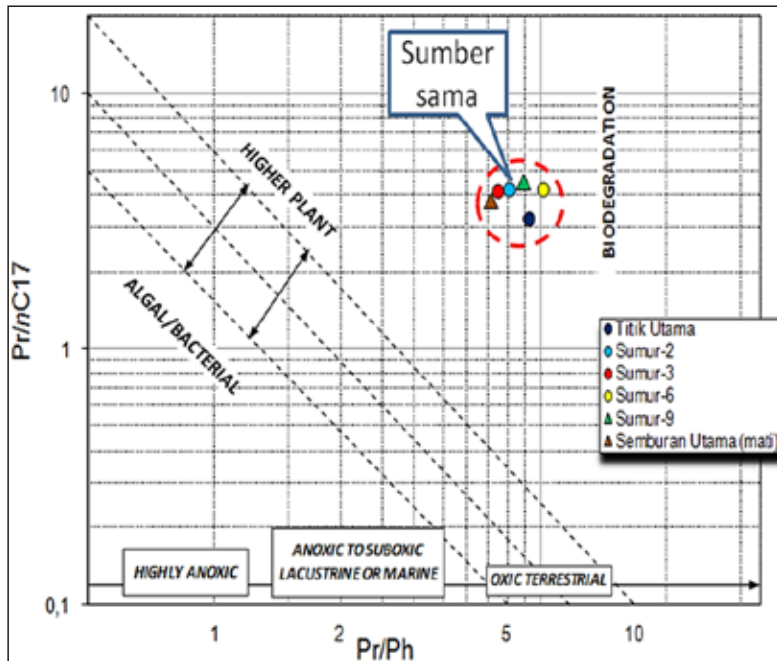
Komposisi kimia air semburan (Tabel 3) yang kaya dengan unsur klorida, natrium, dan bikarbonat, serta sangat miskin dengan unsur sulfat mencerminkan air semburan tersebut merupakan air tanah dangkal dari lingkungan rawa atau sedimen aluvial. Secara kimiawi, keasaman (pH) air bersifat netral dan meskipun konsentrasi unsur klorida tergolong tinggi namun unsur ini tidak bersifat toksik sehingga air semburan tidak berdampak negatif bagi lingkungan dan tidak mematikan vegetasi maupun mahluk hidup.



Gambar 10. Isotop gas karbon dioksida menunjukkan nilai rasio isotop karbon sangat positif yang tidak lazim (>12PDB). Meskipun ada indikasi kontaminasi dari udara sekitar lokasi, dimungkinkan karbon dioksida berasal dari sumber yang sama.



Gambar 11. Kromatogram konfigurasi n-alkana fraksi saturat sampel ekstrak lumpur/cairan hidrokarbon.



Gambar 12. Plot rasio pristane/ $n\text{-C}_{17}$  terhadap phytane/ $n\text{-C}_{18}$  ekstrak lumpur yang menunjukkan cairan hidrokarbon berasal dari batuan sumber yang sama secara genetik asal lingkungan pengendapan delta beroksigen tinggi dengan kandungan bahan organik dengan mayoritas tumbuhan darat.

## KESIMPULAN

Semburan gas bercampur air dan lumpur di Desa Metatu, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik, Jawa Timur merupakan semburan campuran dari air, lumpur, cairan hidrokarbon, dan gas hidrokarbon. Semburan ini disebabkan oleh gas hidrokarbon yang terakumulasi akibat sumur minyak terdekat yang ditutup dengan semen beton. Gas hidrokarbon yang terakumulasi tersebut kemudian menerobos ke permukaan melalui dinding sumur minyak dan akhirnya terjadi semburan pada salah satu titik yang berjarak  $\pm 25$  m di sebelah utaranya.

Gas hidrokarbon tersusun oleh gas metana ( $\text{CH}_4$ ), yang diikuti oleh gas  $\text{CO}_2$  dan gas hi-

drokarbon lainnya yang lebih berat, seperti etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), butana ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), pentana ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ), dan hexana ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ). Semburan tersebut mengandung gas hidrokarbon dengan distribusi  $n$ -alkana dari  $n\text{C}_{12}$  sampai  $n\text{C}_{31}$  dengan kecenderungan karakteristik puncak dominan pada retensi waktu  $n\text{C}_{13}$  sampai  $n\text{C}_{18}$ .

Senyawa hidrokarbon dari beberapa sumur minyak tua peninggalan Belanda yang ada di sekitar semburan Metatu berasal dari sumber yang sama, yaitu secara genetik berasal dari lingkungan pengendapan delta beroksigen tinggi dengan bahan organik yang terdiri dari mayoritas tumbuhan darat.

Gas hidrokarbon dari semburan lumpur di Desa Metatu merupakan associated gas yang mempunyai kematangan yang rendah. Gas hidrokarbon tersebut berbeda dengan gas hidrokarbon yang terdapat dari semburan lumpur panas Sidoarjo (LUSI).

#### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. R. Sukhyar, Kepala Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penelitian ini. Ucapan yang sama juga disampaikan kepada Dr. Surono, Kepala Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian semburan lumpur di Desa Metatu. Juga penulis sampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis baik di lapangan maupun di laboratorium sehingga makalah ini dapat diselesaikan.

#### **ACUAN**

Hunt J.M., 1996, *Petroleum Geochemistry and Geology 2nd edition*. 743 p, Freeman, San Francisco.

James, A.T., and Burn, B.J., 1984, Microbial alteration of subsurface natural gas accumulation. *AAPG Bulletin v. 68*, p. 957 – 960.

Leythaeuser, D., Schaefer, R.G., and Yukler, A., 1982, Role of diffusion in primary migration of hydrocarbons. *AAPG Bulletin, v. 66*, no. 4, p. 408 – 429.

Schoell M., 1983, Genetic characterization of natural gasses. *AAPG Bulletin, v. 67*, P. 2225 – 2238.

Sukardi, 1992, *Peta Geologi Surabaya dan Sapu-lu jawa*

Zaennudin, A., Indra Badri, Padmawidjaja, T., Humaida, H., dan Euis Sutaningsih, N., 2010, *Fenomena Geologi Semburan Lumpur Sidoarjo*, Badan Geologi