

## Distribusi lapisan batuan sedimen yang diduga mengandung gas biogenik dengan metode tahanan jenis di Pantai Saronggi, Sumenep, Madura

L. ARIFIN

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan  
Jln. Dr. Junjuran 236, Bandung 40174

### SARI

Penelitian lapisan batuan sedimen di pesisir pantai Saronggi, Sumenep, Madura, Jawa Timur yang dilakukan dengan metode tahanan jenis menghasilkan penampang tahanan jenis 2-D (dua dimensi) di empat lintasan, dan hasilnya menunjukkan kehadiran lapisan lempung hitam. Telah diketahui bahwa nilai tahanan jenis lempung hitam yang diduga mengandung gas biogenik adalah antara 0,9-1,3 Ohm m. Nilai tahanan jenis tersebut dijadikan acuan untuk menentukan lapisan lempung hitam yang diduga mengandung gas di empat penampang tahanan jenis yang diperoleh. Kedalaman lapisan lempung hitam tersebut bervariasi yaitu; di lintasan 1 kedalamannya antara 26,3 sampai dengan 44,6 m, di lintasan 2 antara 30 m sampai dengan 45 m, di lintasan 3 antara 44,6 m sampai dengan 64,8 m, dan di lintasan 4 antara 8,75 m sampai dengan 44,6 m.

**Kata kunci:** gas biogenik, tahanan jenis, lempung hitam, Saronggi

### ABSTRACT

*A research on sediments estimated to contain biogenic gas at Saronggi coast Sumenep in Madura, East Java, has been done by using the resistivity method and produced 2-D (two dimensional) cross-sectional along four paths. The results of previous measurements indicate that biogenic gas is present within layers of black shale. It is known that the resistivity values of the black shale bearing biogenic gas is between 0.9-1.3 Ohm m. These resistivity values are used as references to determine the black shale layer bearing gas in four resistivity profiles. The depth of the black shale layers are varies: in profile 1 the depth is between 26.3 and 44.6 m, in profile 2 is between 30 and 45 m, in profile 3 is between 44.6 and 64.8 m, and in profile 4 is between 8.75 and 44.6 m.*

**Key word:** biogenic gas, resistivity, black shale, Saronggi

### PENDAHULUAN

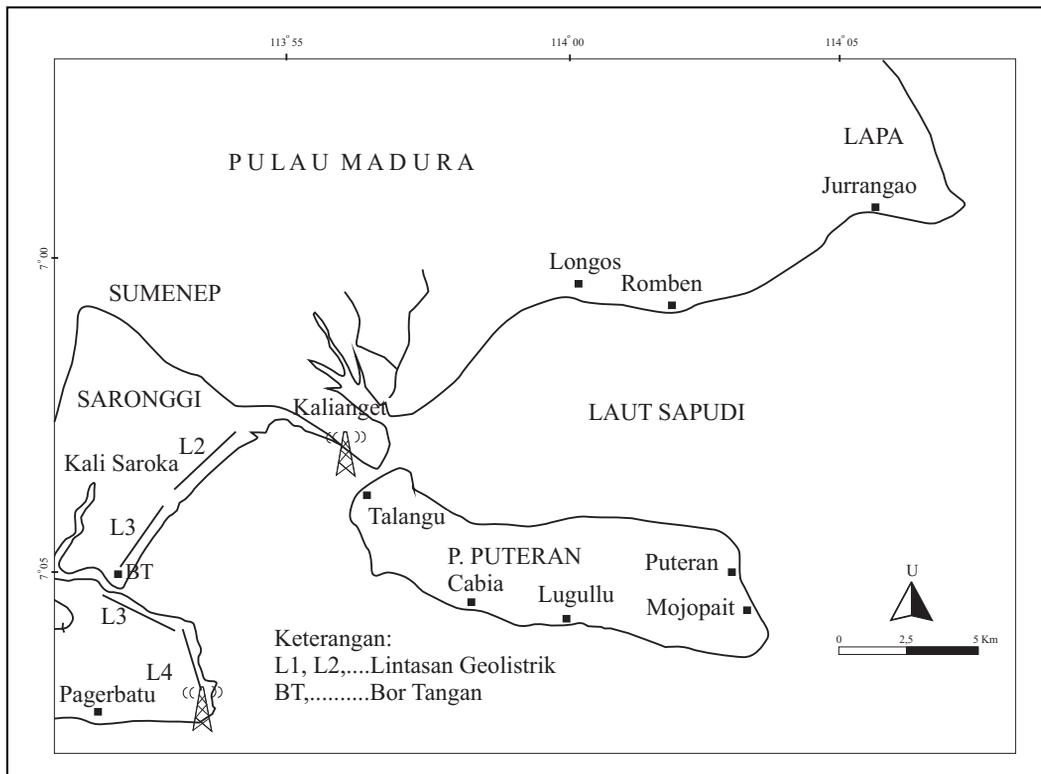
#### Latar Belakang

Daerah penelitian terletak di pantai Saronggi dengan koordinat 113°50'00"-133°55'00"BT dan 7°00'00"-7°10'00"LS (Gambar 1). Secara administratif, lokasi daerah penelitian termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Kalianget, Kabupaten Sumenep Madura, Provinsi Jawa Timur.

Penelitian gas biogenik di pantai Saronggi (Faturachman drr., 2007) menunjukkan bahwa gas biogenik ditemukan dalam lapisan lempung hitam. Diduga

dalam lempung hitam yang pelamparannya cukup luas, terkandung gas biogenik. Gas biogenik merupakan hasil dekomposisi bahan-bahan organik oleh mikroorganisme yang bersifat anaerobik pada temperatur rendah. Secara tipikal gas tersebut terperangkap pada sedimen dangkal yang secara termal belum matang (*immature*), terbentuk di rawa-rawa, sawah, danau air tawar yang anoxik, dan teluk sub-litoral sampai marin. Tipe gas ini berupa metana yang tidak berasosiasi dengan minyak (Rice dan Claypool, 1981).

Gas biogenik dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Dengan makin menipisnya cadangan mi-



Gambar 1. Lokasi penelitian.

nyak dan gas bumi, energi alternatif ini dapat dipakai sebagai pengganti minyak dan gas bumi.

Sebagai energi alternatif, jenis gas ini cukup menjanjikan karena di negara seperti Cina energi gas biogenik yang terdapat di muara Sungai Yangtze sudah dimanfaatkan oleh masyarakat (Qilun, 1995).

### Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk memetakan keberadaan gas biogenik sebagai energi alternatif di pesisir pantai. Tujuannya adalah untuk mengetahui keberadaan gas biogenik yang terkandung dalam sedimen klastika halus sehingga dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif.

Pada tahun 2006, Puslitbang Geologi Kelautan (Faturachman dr., 2007) menerapkan metode tahanan jenis dalam kegiatan penelitian potensi gas dangkal di perairan Sumenep. Metode tahanan jenis yang diterapkan dengan menggunakan konfigurasi Schlumberger untuk *vertical sounding* (2D).

Salah satu lokasi pengukuran adalah di pantai Saronggi dimana diperkirakan terdapat gas dang-

kal yang terbentuk dengan adanya delta sungai Saronggi. Karakteristika pantai Saronggi termasuk tipe pantai berterumbu koral dengan litologi yang tersusun atas batugamping (Faturachman dr., 2006).

### GEOLOGI REGIONAL

Berdasarkan peta geologi Lembar Waru -Sumenep (Situmorang dr., 1992), daerah penelitian termasuk dari bagian Cekungan Jawa Timur utara. Tataan stratigrafinya dari tua ke muda adalah Formasi Tawun, Formasi Ngrayong, Formasi Bulu, Formasi Pasean, Formasi Madura, Formasi Pamekasan, dan Aluvium. Kolom stratigrafi beserta litologi tersaji dalam Gambar 2.

Formasi Tawun secara litologis terdiri atas batulempung, napal, batugamping lempungan dengan sisipan orbitoid. Formasi ini berumur Miosen Awal-Tengah dan sedimennya diendapkan pada lingkungan laut agak dangkal (sublitoral) dengan ketebalan sekitar 300 m.

UMUR	FORMASI	LITOLOGI	TEBAL (m)	LINGKUNGAN PENGENDAPAN	
Resen	Aluvium	Lempung, kerakal, terumbu koral	5-15		
Plistosen	Fm. Pamekasan	Konglomerat, batupasir, batulempung, batugamping.	50	Fluviatil	
Pliosen	Fm. Madura	Batugamping terumbu dan batugamping dolomitan terdiri dari batugamping kapuran, batugamping pasiran, batugamping hablur, batugamping oolit, setempat berlapis	250	Laut dangkal	
Miosen	Akhir	Fm. Pasean	Perselingan napal dengan batugamping lempungan, batugamping pasiran dan batugamping oolit, napal pasiran	600	<i>Inner sublittoral</i>
	Tengah	Fm. Bulu Fm. Ngrayong	Batugamping pelat dan sisipan napal pasiran Batu pasir kuarsa, batugamping orbitoid, batulempung	200 600	Neritik tengah Litoral
	Awal	Fm. Tawun	Batulempung, napal, batugamping lempungan dan sisipan orbitoid	300	Sublitoral

Gambar 2. Kolom stratigrafi daerah penelitian ( Situmorang dr., 1992).

Formasi Ngrayong yang menindih secara selaras atas Formasi Tawun merupakan perulangan batupasir kuarsa dengan batugamping orbitoid dan batulempung. Formasi ini berumur Miosen Tengah dan diendapkan pada lingkungan laut dangkal (litoral) dengan ketebalan lebih kurang 600 m.

Formasi Bulu menjemari dengan Formasi Ngrayong terdiri atas batugamping pelat dengan sisipan napal pasiran. Formasi ini berumur Miosen Tengah bagian akhir, diendapkan dalam lingkungan laut dangkal (zona neritik tengah) dengan ketebalan sekitar 200 m.

Formasi Pasean, yang menindih selaras Formasi Bulu, merupakan perselingan napal dengan batugamping lempungan, batugamping pasiran dan batugamping oolit, napal pasiran, berbutir halus sampai sedang, berlapis baik dan mengandung sedikit kuarsa. Formasi ini berumur Miosen Akhir dan diendapkan dalam laut dangkal (*inner sublittoral*) dengan tebal kurang lebih 600 m.

Formasi Madura sebagian menindih selaras dan sebagian lagi tidak selaras Formasi Pasean, Formasi Bulu, dan Formasi Ngrayong dan diduga berumur Pliosen, sedangkan di Lembar Tanjung Bumi-Pamekasan dan Lembar Surabaya-Sapulu berumur Miosen Akhir-Pliosen. Formasi Madura terdiri dari batugamping terumbu dan batugamping dolomitan. Batugamping terumbu berbentuk padat dan permukaannya umumnya berongga, setempat dolomitan. Satuan batuan ini beragam antara batugamping kapuran, dibagian bawah batugamping pasiran, batugamping oolit, batugamping hablur dan batugamping dolomitan. Formasi ini diendapkan dalam lingkungan laut dangkal dan tenang dengan ketebalan sekitar 250 m.

Formasi Pamekasan menindih tidak selaras Formasi Madura terdiri atas konglomerat, batupasir, batu lempung dan batugamping. Konglomerat bersifat kompak, padat, terpilah buruk dengan komponen dasar terdiri atas batugamping foraminifera dan

batugamping hablur dan ketebalannya sekitar 4 m. Formasi Pamekasan diperkirakan berumur Pleistosen. Sejak kala Holosen telah terjadi pengerosian, dan terendapkan aluvium yang terdiri atas fraksi lepas berukuran lempung-kerakal dan pertumbuhan terumbu koral.

Daerah penelitian terletak di dataran pantai yang banyak terdapat fraksi lepas berukuran lempung-kerakal, dan bila dibandingkan dengan geologi regionalnya berumur Resen.

**METODE PENELITIAN**

Untuk mengetahui keberadaan gas di dalam lapisan sedimen di bawah dasar laut, umumnya dilakukan metode seismik pantul resolusi tinggi. Metode seismik pantul dangkal dengan resolusi tinggi adalah salah satu metode yang sering digunakan Puslitbang Geologi Kelautan untuk mengidentifikasi keberadaan gas dangkal di bawah permukaan dasar laut. Untuk mengetahui keberadaan gas dangkal di pesisir pantai dapat diterapkan metode tahanan jenis. Metode ini merupakan metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui keadaan bawah permukaan bumi dengan cara mempelajari sifat aliran listrik pada lapisan batuan. Teknologi penelitian tahanan jenis sudah banyak digunakan pada beberapa dekade ini yaitu dalam hidrogeologi, pertambangan, geoteknik, dan lingkungan hidup. Teknologi ini menjadi lebih realistis setelah perkembangan komputer dan komputasi tingkat tinggi dikembangkan. Segala sesuatu tentang gambaran bawah permukaan dapat berupa citra yang dapat merepresentasikan distribusi sifat fisika. Lapisan sedimen yang mengandung gas biogenik ini ditandai dengan nilai tahanan jenis yang relatif kecil, yaitu antara 0,9-1,2 Ohm m.

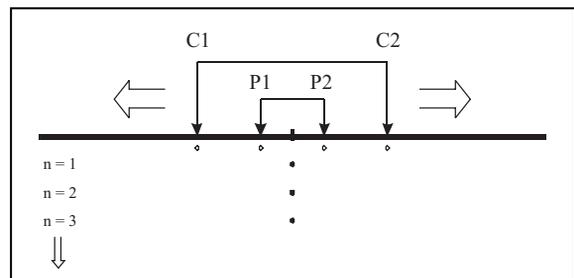
Untuk mengidentifikasi keberadaan gas di dalam sedimen dengan metode tahanan jenis tidaklah mudah. Identifikasi tidak cukup dengan menandai sedimen yang mempunyai tahanan jenis rendah. Akan tetapi diperlukan adanya data pendukung lainnya sebagai data yang dapat dikorelasikan dengan harga tahanan jenisnya.

Adapun data yang digunakan untuk korelasinya adalah data pemboran dan analisis TOC (*Total Organic Carbon*) dari sampel sedimen. Diharapkan dengan mengkorelasikan data tahanan jenis sedimen dengan sedimen lempung hitam (dari pemboran),

keberadaan gas biogenik dalam sedimen dengan metode yang diterapkan dapat diidentifikasi.

Pada penelitian ini metode geolistrik yang digunakan adalah metode tahanan jenis dengan konfigurasi Schlumberger. Metode lainnya adalah metode pemboran inti dan analisis TOC (*Total Organic Carbon*). Nilai TOC diacu dari hasil penelitian Faturachman dr. (2006). Pengukuran di lapangan menggunakan alat *Resistivimeter multichannel Supersting R8 IP*, AGI USA. Alat tersebut terdiri dari satu unit penerima dan pengirim (*receiver* dan *transmitter*), satu unit *switch box*, 28 buah elektroda, dan gulungan kabel. Alat untuk menentukan posisi titik pengukuran menggunakan GPS Garmin 12 XL.

Teknik pengumpulan data yang digunakan untuk mengetahui nilai tahanan jenis (2D) adalah konfigurasi atau susunan elektroda Schlumberger (Gambar 3). Pengukuran pertama dilakukan dengan membuat jarak/spasi bernilai a, pada pengukuran ini a = 35 m. Pengukuran kedua dilakukan dengan membuat jarak spasi antara CI-PI dan P2-C2 menjadi 2a dan diperoleh titik pengukuran berikutnya hingga jarak maksimum yang diinginkan. Pada penelitian ini bentangan kabel pada lintasan sejauh 910 m.



Gambar 3. Teknik pengukuran dengan konfigurasi Schlumberger (Kearey dr., 2002).

Nilai faktor geometri dengan konfigurasi Schlumberger adalah sebagai berikut:

$$K = \frac{1}{2} \left[ \frac{p^2}{a} - \frac{a}{4} \right] \dots\dots\dots(1)$$

Untuk nilai tahanan jenisnya yaitu:

$$\rho = \pi \left[ \frac{p^2}{a} - \frac{a}{4} \right] \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

ρ = tahanan jenis (Ohm.m)

AV = beda potensial (Volt)

I = arus listrik (Amper)

a = jarak antara elektroda arus dengan elektroda potensial (meter)

p = jarak antara titik pengukuran dengan elektroda arus (meter)

Nilai  $\rho$  diatas adalah harga tahanan jenis semu, sedangkan yang diperlukan adalah tahanan jenis yang sebenarnya.

Dalam penelitian ini pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program RES2DINV yang menghasilkan citra penampang tahanan jenis dan nilai tahanan jenis bawah permukaan.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengukuran geolistrik terdahulu dengan metode vertical sounding 1-D yang dilakukan di daerah penelitian menunjukkan adanya variasi nilai tahanan jenis dari litologi batu gamping dan batu lempung (Faturachman dr., 2007). Hasil dari pengukuran tersebut dapat dilihat pada Tabel 1, yang menunjukkan jenis litologi dan nilai tahanan jenisnya.

Dari tabel dapat dilihat bahwa nilai tahanan jenis batugamping tersebut antara 6 sampai dengan 450 Ohm m. Bila dibandingkan dengan nilai tahanan jenis batulempung maka dapat dilihat bahwa nilai tahanan jenis batu gamping jauh lebih besar dari nilai tahanan jenis batu lempung. Nilai tahanan jenis batulempung cukup kecil yaitu berkisar antara 0,9 sampai dengan 7 Ohm m. Fokus utama dari hasil pengukuran vertical sounding 1-D (Tabel.1) tersebut diatas adalah untuk mengetahui nilai tahanan jenis dari batu lempung hitam yang ada kaitannya dengan keberadaan gas biogenik.

Tabel 1. Nilai Tahanan Jenis Batuan

Litologi	Tahanan Jenis (Ohm m)
Batu gamping terumbu	6 - 9
Batu gamping kalkarenit	9 - 12
Pasir gampingan	1 - 4
Batu gamping kering	80 - 450
Batu gamping	6 - 400
Lempung abu-abu kehijauan	1,5 - 2
Lempung hitam	0,9 - 1,3
Lempung	0,9 - 7

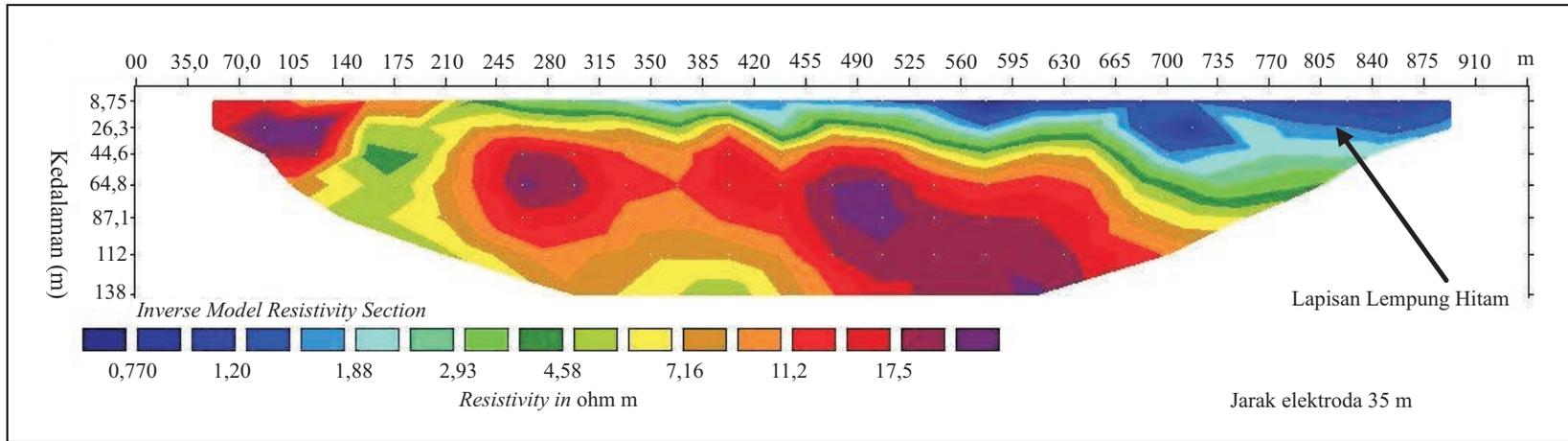
Hasil pengukuran TOC contoh sedimen pemboran (Faturachman dr., 2006) di daerah penelitian menunjukkan bahwa lempung hitam mempunyai nilai TOC yang paling tinggi, yaitu >2%. Hal ini secara tidak langsung dapat menunjukkan bahwa gas biogenik diduga terbentuk dalam lapisan lempung hitam. Tabel 1 menunjukkan nilai tahanan jenis lempung hitam adalah antara 0,9 sampai dengan 1,3 Ohm m. Nilai tahanan jenis lempung hitam tersebut selanjutnya akan dijadikan sebagai acuan untuk menentukan lapisan lempung hitam pada penampang *vertical sounding* 2-D.

Penampang tahanan jenis 2-D yang dihasilkan dari konfigurasi Schlumberger dengan bentangan elektroda sejauh 910 m dapat dilihat masing-masing pada Gambar 4, 5, 6, dan 7. Penampang tersebut menggambarkan perlapisan batuan berdasarkan nilai tahanan jenisnya. Penampang tahanan jenis yang dihasilkan dari konfigurasi Schlumberger tersebut menunjukkan bahwa lapisan dangkal didominasi oleh lapisan dengan nilai tahanan jenis yang relatif rendah, sedangkan semakin ke dalam, nilai tahanan jenisnya semakin besar.

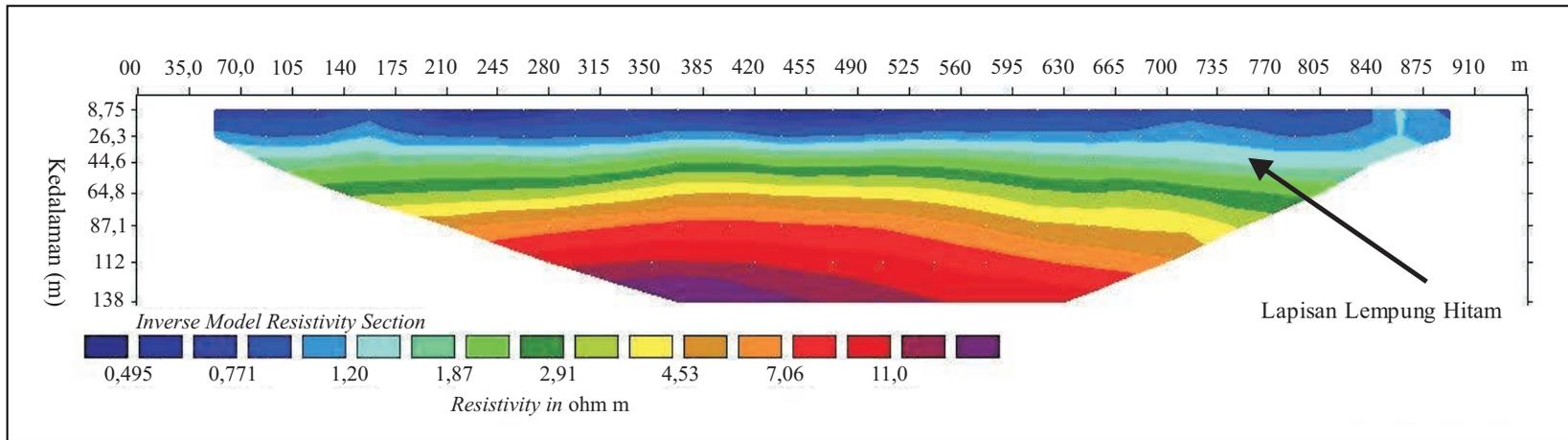
Untuk jelasnya maka berikut ini akan diuraikan setiap penampang tahanan jenis yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan.

Penampang tahanan jenis lintasan 1 (Gambar 4), mempunyai nilai tahanan jenis berkisar antara 0,770 Ohm m sampai dengan 17,5 Ohm m. Capaian kedalaman lapisan sekitar 138 m, dan terlihat bahwa lapisannya agak kompleks yang didominasi oleh batuan dengan nilai tahanan jenis antara 7,16 Ohm m sampai dengan 17,5 Ohm m. Berdasarkan nilai tahanan jenis lempung hitam yaitu antara 0,9 sampai dengan 1,3 Ohm m, maka dapat diperkirakan bahwa lapisan lempung hitam di lokasi penelitian berada pada kedalaman antara 26,3 sampai dengan 44,6 m.

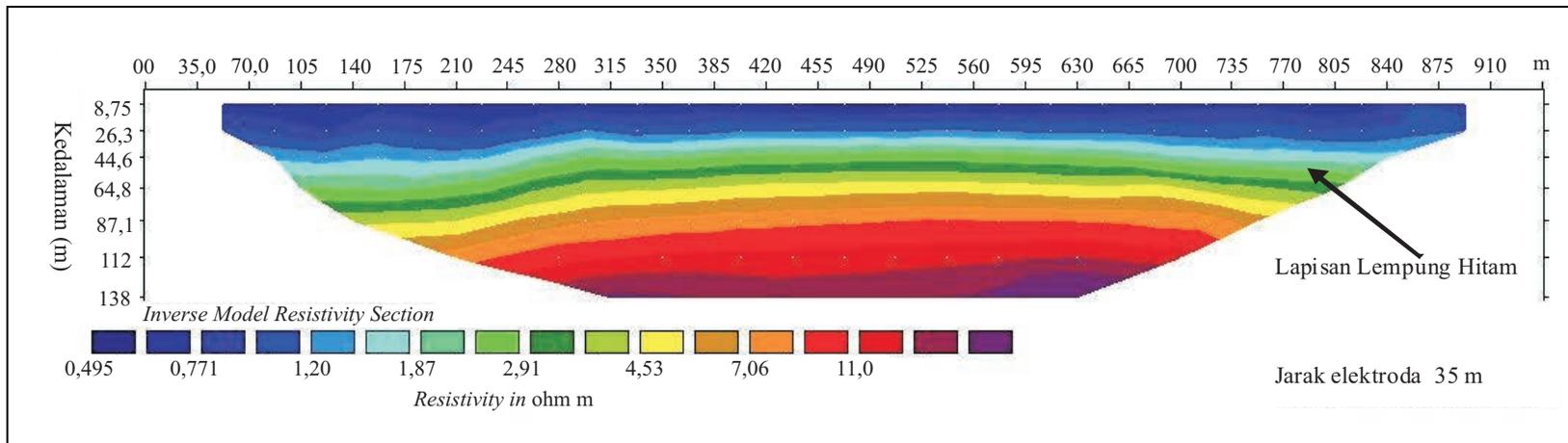
Penampang tahanan jenis lintasan 2 (Gambar 5), menunjukkan bahwa nilai tahanan jenisnya tidak jauh berbeda dengan nilai tahanan jenis pada lintasan 1. Lapisan pada lintasan 2 ini terlihat tidak terlalu kompleks dimana terlihat jelas batas keteraturan lapisannya. Perubahan nilai tahanan jenisnya tidak terlalu besar pada setiap lapisan, dan nilai tahanan jenisnya berkisar antara 0,495 sampai dengan 11,0 Ohm m, dengan tahanan jenis di bagian atas kecil dan semakin besar dengan bertambahnya kedalaman. Dari penampang tahanan jenisnya, maka dapat diperkirakan lapisan lempung hitam yang mengan-



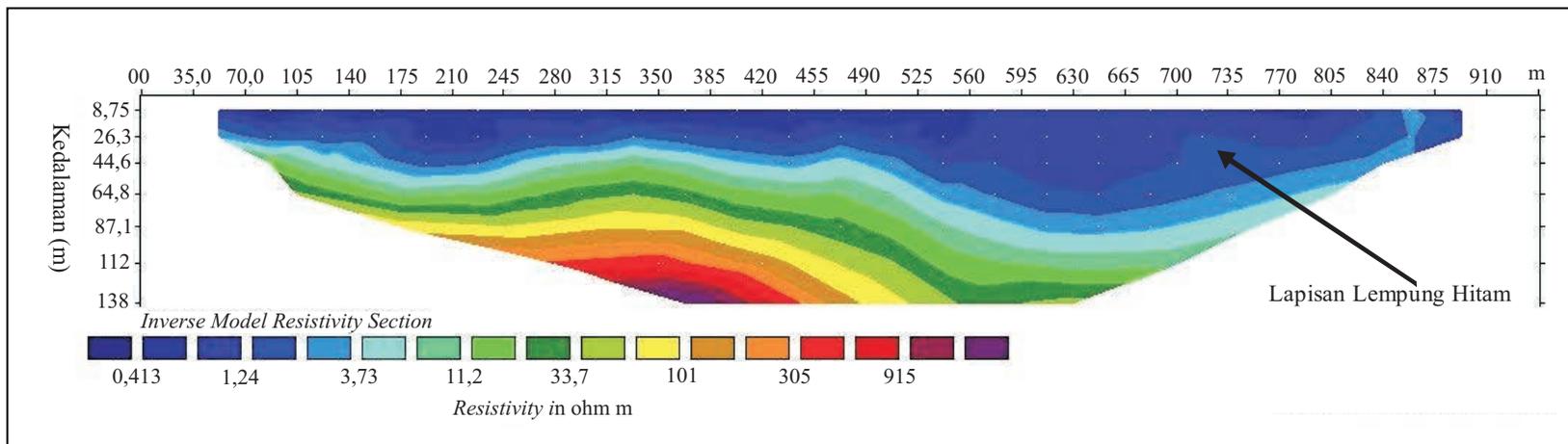
Gambar 4. Penampang tahanan jenis di Lintasan 1.



Gambar 5. Penampang tahanan jenis di Lintasan 2.



Gambar 6. Penampang tahanan jenis di Lintasan 3.



Gambar 7. Penampang tahanan jenis di Lintasan 4.

andung gas biogenik adalah pada kedalaman antara 30 m sampai dengan 45 m.

Penampang tahanan jenis lintasan 3 (Gambar 6), memperlihatkan lapisan yang cukup teratur. Batas lapisannya cukup jelas seperti penampang pada lintasan 2. Nilai tahanan jenisnya berkisar antara 0,5 sampai dengan 9,09 Ohm m. Perubahan nilai tahanan jenisnya tidak terlalu besar hampir sama dengan penampang lintasan 2. Lapisan lempung hitam pada lintasan ini diperkirakan terdapat pada kedalaman antara 44,6 m sampai dengan 64,8 m.

Selanjutnya penampang tahanan jenis lintasan 4 (Gambar 7), memperlihatkan bahwa lapisannya agak miring namun menerus. Nilai tahanan jenisnya berkisar 0,413 sampai dengan 915 Ohm m, di tempat mana batas lapisannya cukup jelas. Lapisan lempung hitam pada lintasan ini diperkirakan terdapat pada kedalaman antara 8,75 m sampai dengan 44,6 m.

#### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian metode tahanan jenis dengan konfigurasi elektroda Schlumberger dapat ditentukan pelamparan dan distribusi lapisan yang diduga mengandung gas biogenik. Lapisan yang diidentifikasi mengandung gas biogenik adalah lapisan lempung hitam yang mempunyai nilai TOC cukup tinggi, yaitu >2% dan nilai tahanan jenisnya antara 0,9 dan 1,3 Ohm meter.

Kedalaman lapisan lempung hitam yang mengandung gas biogenik di daerah penelitian cukup bervariasi yaitu; kedalaman antara 26,3 sampai dengan 44,6 m di lintasan 1, kedalaman antara 30

m sampai dengan 45 m di lintasan 2, kedalaman antara 44,6 m sampai dengan 64,8 m di lintasan 3, dan kedalaman antara 8,75 m sampai dengan 44,6 m di lintasan 4.

**Ucapan Terima Kasih**—Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, atas perkenannya mengizinkan penulis menggunakan data penelitian ini. Tidak lupa juga ucapan terima kasih disampaikan kepada Ketua Tim dan para anggota yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tulisan ini.

#### ACUAN

- Faturachman, A., Arifin, L., Nasrun, dan Wijatmoko, B., 2007. Survei Geolistrik Kelautan di Pesisir Pantai Selat Madura Kabupaten Sumenep. *Laporan Intern Puslitbang Geologi Kelautan*. Tidak dipublikasi.
- Faturachman, A., Arifin, L., Kusnida, D., Juniar, P.H., Naibaho, T., Ahmad, M., Mustafa, A., Kurnio, H., dan Yuningsih, A., 2006. Laporan Penelitian Gas Biogenik di Perairan Sumenep Kalianget Madura Jawa Timur. *Laporan Puslitbang Geologi Kelautan*. Tidak dipublikasi.
- Kearey, P., Brooks, M., dan Hill, I., 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Sciences Company, Iowa, USA, 3rd ed., 262h.
- Qilun, Y., 1995. Preliminary Study of Unstability of East China Sea Floor. Geological Hazards and Environmental Studies of China Offshore Areas. *14<sup>th</sup> INQUA Congress*, Berlin, 1995, Qingdao Ocean University Press, p.27-36.
- Rice, D.D., dan Claypool, G.E., 1981. Generation, accumulation, and resource potential of biogenic gas. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, 65, h. 5-25.
- Situmorang, R.L., Agustianto, D.A., dan Suparman, M., 1992. *Geologi Lembar Waru Sumenep, Skala 1:1.00.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.