

Pemodelan Bawah Permukaan Berdasarkan Nilai Kecepatan Gelombang Kompresi (v_p) di Kawasan Rembesan Hidrokarbon Sangubanyu, Jawa Tengah

Fatma

Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi Migas,
Balikpapan, Indonesia
Email: fatmarfan@gmail.com

Abstract

Sangubanyu is located in Central Java, Indonesia, besides having some hot springs it also has crude oil seepages that have been known since 1971, to understand the cause of these seepages subsurface structure analysis is needed by recording microtremor data at 63 points. The HVSr Method is used to process micrometer data to find subsurface conditions by wave velocity, Compressional wave velocity (v_p) is part of this method. v_p data could be used to interpret the layer types of subsurface conditions. The southern of the study area has about 112 to 1182 m/s of v_p , and the northern has about 506 to 2944 m/s, the differential of these values could be interpreted as a fault with the southern relatively moving down from the northern, there is a little distance between this fault and the crude oil seepages, it is possible that the fracture that occurs by faults was creating secondary porosity in volcanic rock and becomes a migration route for the crude oil flows to the surface.

Keywords: Crude Oil Seepage; HVSr Method, Geothermal Manifestation, Compressional Wave Velocity

Abstrak

Sangubanyu yang terletak di Kecamatan Bawang, Kabupaten Batang, Jawa Tengah selain memiliki mata air panas juga terdapat rembesan hidrokarbon yang diketahui kemunculannya sejak tahun 1971, untuk mengetahui penyebab terjadinya rembesan diperlukan analisis bawah permukaan dengan melakukan perekaman data mikrotremor di 63 titik. HVSr adalah metode yang digunakan untuk mengolah data mikrotremor sehingga mampu melihat kondisi bawah permukaan melalui kecepatan gelombang, kecepatan gelombang kompresi (v_p) merupakan bagian dari metode ini. Nilai v_p yang diolah dapat menginterpretasikan jenis lapisan yang ada di bawah permukaan. Nilai v_p pada bagian selatan berkisar dari 112 sampai 1182 m/s, lalu bagian utara berkisar dari 506 sampai 2944 m/s, perbedaan sebaran nilai v_p diinterpretasikan sebagai bidang sesar dengan bagian selatan relatif bergerak turun dari bagian utara. Sesar atau patahan yang terjadi pada daerah penelitian sangat berdekatan dengan kedua titik ditemukannya rembesan hidrokarbon, ini memungkinkan bahwa rekahan yang diakibatkan oleh patahan menciptakan porositas sekunder pada batuan vulkanik dan menjadi jalur migrasi yang dapat dilalui oleh hidrokarbon keluar ke permukaan.

Kata Kunci: Rembesan hidrokarbon, Metode HVSr, Manifestasi Panasbumi, Kecepatan Gelombang Kompresi

Pemodelan Bawah
Permukaan Berdasarkan
Nilai Kecepatan
Gelombang Kompresi (v_p)
di Kawasan Rembesan
Hidrokarbon Sangubanyu,
Jawa Tengah

Jurnal Teknosains
Kodepena
pp. 19-26



1. PENDAHULUAN

Kawasan Panasbumi Sangubanyu memiliki manifestasi mata air panas yang terletak di Desa Sangubanyu, Kabupaten Batang, Jawa Tengah. Secara geografis terletak pada koordinat 7o5'44,89"LS–7o6'11.26"LS dan 109o57'39,64"BT–109o57'55.54"BT. Berdasarkan lembar Banjarnegara-Pekalongan, Formasi yang tersusun atas kawasan ini ialah Kipas Aluvium dengan rombakan gunung api yang telah tersayat dan Formasi Kaligetas dengan satuan batu breksi vulkanik, batupasir tufan, dan batu lempung. Sudarmawan (2019) membuktikan adanya singkapan batu breksi vulkanik di kedua titik pada kawasan manifestasi panasbumi Sangubanyu. Struktur geologi yang berkembang pada daerah Sangubanyu berupa kelurusan sesar normal dengan arah relatif barat laut-tenggara, hal ini diperkuat pula dengan penelitian terdahulu menggunakan metode geolistrik dan magnetik (Hanifah, 2018; Dewi, 2018). Selain adanya manifestasi panasbumi, pada kawasan ini terdapat pula rembesan hidrokarbon di permukaan yang letaknya sangat berdekatan dengan kolam air panas (Fatma et al, 2019). Di Pulau Jawa terdapat tiga kawasan vulkanik yang memiliki rembesan hidrokarbon yaitu Blok Banten, Majalengka-Banyumas, dan Serayu Utara (Satyana, 2015). Kawasan manifestasi panasbumi Sangubanyu secara fisiografi terletak pada Zona Serayu Utara dengan Gunung Api Kuarter yang menutupi (van Bemmelen, 1970), kawasan ini terletak di bagian timur laut-timur daerah Gunung Rogojembangan, bagian utara Gunung Prau dan Dataran Dieng, dan bagian barat-barat laut Gunung Ungaran.

Rembesan hidrokarbon atau yang biasa disebut *crude oil seepage* merupakan kemunculan minyak bumi ke permukaan yang bermigrasi dari kondisi tekanan tinggi menuju tekanan rendah melalui rekahan-rekahan batuan (Zheng et al, 2018). Rembesan (seepage) memiliki variable komponen yang sangat beragam, dapat berupa minyak, gas, bitumen cari, aspal dan tar (Kennicutt, 2017). Menurut Zheng et al. (2018) jenis seepage dibagi menjadi dua yaitu *macro-seepage*; *oil and gas seeps*, lumpur vulkanik, dan bitumen, sedangkan *micro-seepage* berupa emisi yang lolos. Adanya rembesan hidrokarbon di kawasan manifestasi Panasbumi Sangubanyu memberikan gambaran bahwa selain terdapat manifestasi panasbumi juga merupakan prospek keberadaan migrasi hidrokarbon yang berasal dari daerah sekitarnya (Hidayat dan Fatimah, 2007).

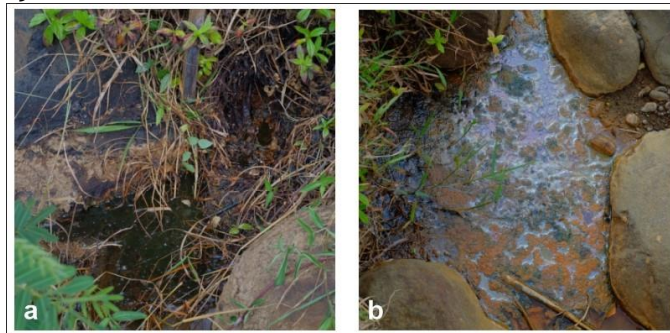
Satyana (2015) menjelaskan bahwa kemunculan hidrokarbon di area vulkanik khususnya Serayu Utara diprediksi disebabkan oleh adanya sesar yang dihasilkan melalui penunjaman dari arah selatan Pulau Jawa menuju utara. Kawasan Serayu Utara memiliki potensi hidrokarbon yang cukup besar, ini dibuktikan dengan banyaknya rembesan yang terjadi di kawasan tersebut, namun tebalnya vulkanik pada kawasan ini menjadikan hasil perekaman seismik yang buruk, dan susah memprediksi letak reservoir dan jalur migrasinya, hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya kegagalan atas pengeboran minyak yang hanya menghasilkan sumur kering. Hingga saat ini hanya lapangan minyak Cipluk yang telah berhasil memproduksi hidrokarbon dalam jumlah yang besar, namun lapangan ini telah ditutup dan hanya warga sekitar yang memproduksinya secara tradisional.

Dalam memodelkan bawah permukaan dibutuhkan informasi geologis, baik dari pemetaan atas permukaan hingga analisis data bawah permukaan (Masabanda, 2016). Adanya kendala dalam proses pengeboran yang mengandalkan perekaman dengan hasil seismik kurang baik pada daerah vulkanik menjadi alasan kuat dilakukannya penelitian ini, juga merupakan suatu upaya atau alternatif yang dapat dipertimbangkan dalam memodelkan kondisi bawah permukaan

Pemodelan Bawah Permukaan Berdasarkan Nilai Kecepatan Gelombang Kompresi (v_p) di Kawasan Rembesan Hidrokarbon Sangubanyu, Jawa Tengah

Pengumpulan data dilakukan di 63 titik pengukuran yang membentuk grid $80\text{ m} \times 100\text{ m}$ dengan luas area penelitian sekitar 38 hektar (Gambar 1 dan Gambar 2) dan ditemukan 2 titik rembesan minyak di permukaan (Gambar 3). Pengumpulan data di lapangan dilakukan melalui perekaman data mikrotremor selama 15 menit pada setiap titik dengan sampling frekuensi 300 Hz menggunakan Geophone 3 komponen yang berikutnya terekam ke dalam Data Logger GL240 (Gambar 4).

Geophone akan merekam gelombang getaran yang dihasilkan oleh lapisan bawah permukaan yang disebut mikrotremor. Mikrotremor adalah getaran tanah yang memiliki amplitudo simpangan yang sangat kecil, jauh dari pengindraan manusia, yaitu sekitar 10-4 hingga 10-2 mm (Mirzaoglu dan Dýkmen, 2003; Okada, 2003) dan kecepatan getaran sekitar 10-3 hingga 10-2 cm/s (Mirzaoglu dan Dýkmen, 2003).



Gambar 3. Rembesan Minyak yang Terjadi di Kawasan Manifestasi Panasbumi Sangubanyu pada Titik OS1 (a), dan Titik OS2 (b)



Gambar 4. Perekaman Data Mikrotremor Menggunakan Geophone dan Data Logger GL240

PENGOLAHAN DATA

Data yang telah terekam selanjutnya diolah melalui beberapa perangkat lunak dengan menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSZ)*. Metode HVSZ ialah metode yang digunakan untuk mengetahui percepatan gelombang suatu permukaan tanah dengan perbandingan komponen seismik horizontal yang terekam ke komponen vertikal (Yuliyanto et al, 2018). Dalam pengembangannya HVSZ dapat digunakan untuk menentukan ketebalan suatu lapisan sedimen secara kualitatif (Okada, 2003; Yuliyanto et al, 2018).

Data yang didapatkan di lapangan berupa data biner yang lalu dikonversi ke dalam format ASCII melalui perangkat lunak agar selanjutnya dapat diolah oleh perangkat lunak Geopsy, nilai v_p didapatkan dari hasil pengolahan data inversi kuva H/V (metode HVSZ) melalui perangkat lunak. Pengolahan data

dilakukan hingga kedalaman 150 meter dan selanjutnya nilai v_p dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi menggunakan perangkat lunak pemodelan bawah permukaan. Tabel 1. Menunjukkan klasifikasi material batuan berdasarkan nilai v_p .

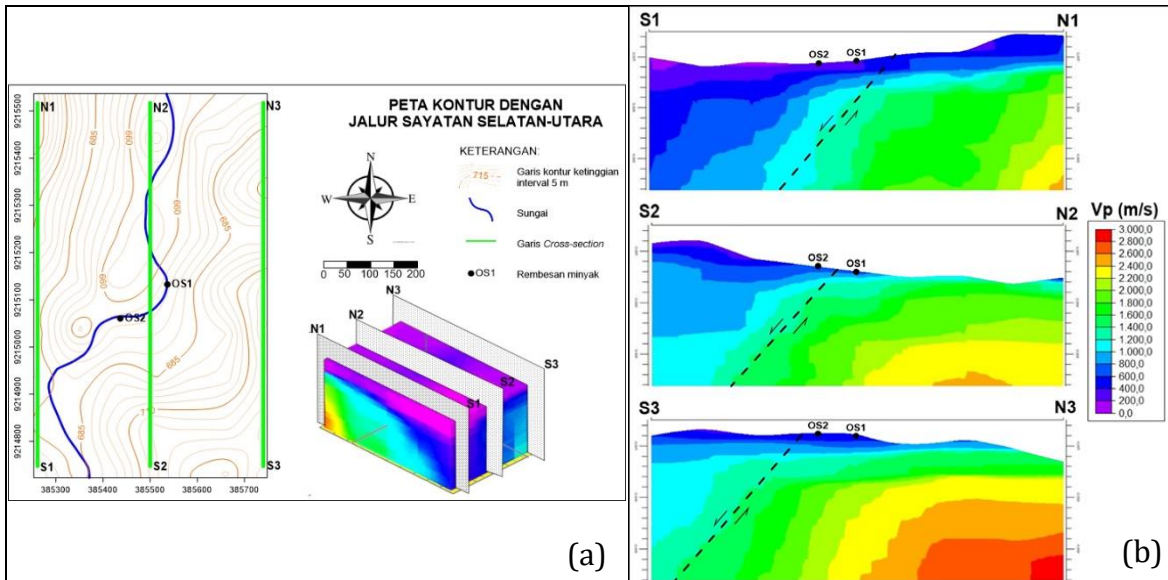
Tabel 1. Nilai v_p pada Berbagai Medium (Burger, 1992)

Material	v_p (m/s)
Soil	250-600
Weathered layered	300-900
Alluvium	500-2.000
Sand (unsaturated)	200-1.000
Sand (saturated)	800-2200
Sand and gravel (unsaturated)	400-500
Sand and gravel (saturated)	500-1.500
Clay	1.000-2.500
Granite	5.000-6.000
Basalt	5.400-6.400
Metamorphic rock	3.500-7.000
Sandstone and shale	2.000-4.000
Limestone	2.000-6.000

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil olah data inversi kurva H/V, nilai v_p ditemukan dari rentang nilai 112 hingga 2944 m/s. Guna mendapatkan hasil sebaran nilai yang lebih jelas dari berbagai sisi, maka dilakukan analisis secara vertikal dan horizontal. Analisis vertikal difungsikan untuk memprediksi kondisi bawah permukaan yang ada, sedang analisis horizontal dilakukan untuk memprediksi arah sesar yang ada di daerah penelitian

ANALISIS SECARA VERTIKAL

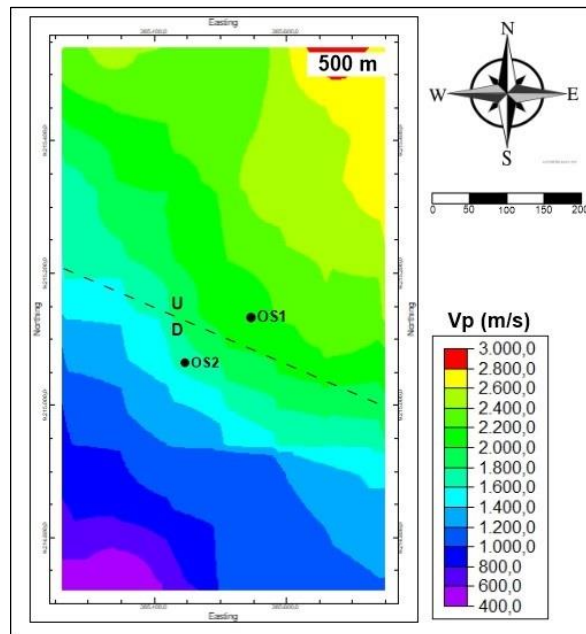


Gambar 5. Sayatan dari Arah Selatan-Utara. Peta Kontur dengan Jalur Sayatan Selatan-Utara (a), Hasil Sayatan Nilai v_p dari Arah Selatan Menuju Utara (b)

Pada analisis ini dilakukan sayatan dari arah selatan menuju utara dengan menarik garis S-N menjadi tiga bagian sayatan (Gambar 5a). Sebaran nilai v_p pada penampang sayatan arah selatan-utara di bawah permukaan menunjukkan nilai

Pemodelan Bawah Permukaan Berdasarkan Nilai Kecepatan Gelombang Kompresi (v_p) di Kawasan Rembesan Hidrokarbon Sangubanyu, Jawa Tengah yang bervariasi. Lokasi munculnya minyak berada dekat dari sayatan S2-N2, dengan nilai v_p berkisar antara 500 m/s hingga 2066 m/s. Pada Gambar 5(b) terlihat sayatan pada bagian selatan cenderung lebih rendah dibandingkan dengan bagian utara yaitu, berkisar dari 112 sampai 1182 m/s, lalu bagian utara berkisar dari 506 sampai 2944 m/s. Jika dilihat dari persebaran nilai v_p berdasarkan klasifikasi pada Tabel 1 jenis litologi bawah permukaan daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian yaitu, nilai v_p 0-350 m/s diprediksi merupakan lapisan soil dengan ketebalan 1-30 m, lapisan berikutnya dengan v_p 300-700 m/s diprediksi merupakan weathered layer dengan ketebalan mencapai 2-170 meter, lalu sand-gravel (saturated) dengan v_p 700-1500 m/s ketebalan 10-110 meter diinterpretasikan sebagai breksi vulkanik tersaturasi, lapisan selanjutnya ialah *sand (saturated)* dengan nilai v_p 1500-2200 m/s dengan ketebalan 10-180 m, dan lapisan terakhir ialah *clay* atau lempung dengan $v_p > 2.200$ dengan prediksi ketebalan tidak diketahui.

ANALISIS SECARA HORIZONTAL



Gambar 6. Pesebaran Nilai v_p pada Elevasi 500 Meter. Titik OS1 Dan OS2 Merupakan Lokasi Kemunculan Minyak di Permukaan

Pola persebaran nilai v_p yang dimodelkan secara horizontal pada elevasi 500 m terlihat pada Gambar 6, analisis secara horizontal ditujukan untuk melihat arah sesar yang berkembang pada daerah penelitian, yaitu dengan arah sesar yang didapatkan melalui analisis secara vertikal dan diinterpretasikan ke dalam sebaran nilai v_p secara horizontal. Pada analisis secara horizontal memperlihatkan bagian utara daerah penelitian cenderung memiliki nilai v_p yang lebih tinggi daripada bagian selatan, begitu pula bagian timur memiliki nilai yang cenderung lebih tinggi dari bagian barat, bila disandingkan analisis secara horizontal dengan vertikal maka sesar yang terbentuk diprediksi berarah barat laut-tenggara. Lokasi kemunculan minyak pada titik OS1 dan OS2 berdekatan dengan sesar tersebut.

4. PENUTUP

Hasil sebaran nilai v_p yang didapatkan memperlihatkan anomali yang berbeda di selatan yang diduga sebagai bidang sesar dan diinterpretasikan bahwa bagian

selatan relatif bergerak turun dari bagian utara. Jika dibandingkan dengan Peta Geologi Banjarnegara-Pekalongan (Gambar 2) kondisi ini dapat diidentifikasi sebagai sesar atau patahan, yaitu bagian selatan relatif turun terhadap bagian utara area penelitian, hal ini juga identik dengan penelitian terdahulu yaitu, Hanifah (2018) menggunakan metode geolistrik. Patahan yang terjadi pada daerah penelitian sangat berdekatan dengan kedua titik ditemukannya rembesan hidrokarbon, ini memungkinkan bahwa rekahan yang diakibatkan oleh patahan menciptakan porositas sekunder pada batuan vulkanik dan menjadi jalur migrasi yang dapat dilalui oleh hidrokarbon keluar ke permukaan.

Pada metode HVSr, selain dapat menentukan nilai kecepatan gelombang kompresi juga mampu mendapatkan nilai kecepatan gelombang transversal (v_s). Penelitian selanjutnya diharapkan mampu menganalisis berdasarkan nilai v_s , agar nilai v_p yang didapatkan dapat dibandingkan dengan nilai v_s sehingga hasil penelitian dapat lebih maksimal dan mengurangi angka ketidakpastian.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Burger, H. R., 1992, *Exploration geophysics of the Shallow Subsurface*, Prentice Hall P.T.R.
- Condon, W. H., Pardyanto, L., Ketner, K. B., Amin, T. C., Gafoer, S., and Samoedra, H., 1996, *Peta Geologi Lembar Banjarnegara-Pekalongan, Jawa*, Pusat Penelitiann dan Pengembangan Geologi (P3G), Departemen Pertambangan dan Energi, 1408-4, 1409-1, Bandung.
- Dewi, E. Y., 2018, 'Interpretasi Bawah Permukaan Area Manifestasi Air Panas Sangubanyu dengan Metode Magnetik', *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Fatma, Yuliyanto, G., Harmoko, U., 2019, 'Identify the oil seepage in Plantungan geothermal manifestation, Kendal using HVSr method', *Conference of ICENIS 2019*, Semarang.
- Harmoko, U., Yuliyanto, G., Ekasara, A. R., Herlambang, Y. D., 2019, 'Subsurface structure investigation of Sangubanyu geothermal', *Journal of Physics: Conference Series Paper*, doi:10.1088/1742-6596/1217/1/012040.
- Hanifah, U., 2018, 'Interpretasi Struktur Bawah Permukaan di Area Panas Bumi Pesanggrahan, Sangubanyu Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger', *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Hidayat, R., and Fatimah, 2007, 'Inventarisasi kandungan minyak dalam batuan daerah Kedungjati, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah', *Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan Tahun 2007*, Pusat Sumber Daya Geologi. <http://www.geopsy.org/>, diakses tanggal 10 Juli 2019.
- Kennicutt II, M. C., 2017, *Oil and gas seeps in the Gulf of Mexico*, C Herb Ward, *Habitats and Biota of the Gulf of Mexico: Before the Deepwater Horizon Oil Spill*, 1st ed., Springer Nature, pp. 275–358, doi:10.1007/978-1-4939-3447-8.
- Masabanda, B. F. P., 2016, 'A 3D model of the Chachimbiro geothermal system in Ecuador using PETREL', *UNU-GTP*, Reykjavik.
- Mirzaoglu, M., and Dýkmen, Ü., 2003, 'Application of microtremors to seismic microzoning Procedure', *Journal of the Balkan Geophysical Society*, vol. 6, no. 3, pp. 143–56.
- Okada, H., 2003, *The Microtremor Survey Method*, David V. Fitterman, *Geophysical Monograph Series*, 12th ed., (translated by Koya Suto), Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.
- Satyana, A. H., 2015, 'Subvolcanic hydrocarbon prospectivity of Java: opportunities and challenges', *Proceedings, of Indonesian Petroleum Association*.
- Satyana, A. H., 2015, 'Subvolcanic hydrocarbon prospectivity of Java: opportunities and challenges', *Proceeding, Indonesian Petroleum Association*, vol. 15.
- Sudarmawan, D., 2019, 'Pemodelan 3D Area Manifestasi Panas Bumi Sangubanyu, Berdasarkan Data Mikrotremor', *Tesis*, Magister Energi, Universitas Diponegoro, Semarang.

- Pemodelan Bawah Permukaan Berdasarkan Nilai Kecepatan Gelombang Kompresi (vp) di Kawasan Rembesan Hidrokarbon Sangubanyu, Jawa Tengah
- Van Bemmelen, R. W., 1970, *The Geology of Indonesia*. Vol. IA General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelago, 2nd Edition, Martinus, Nilhoff, The Hague, New York.
- Yuliyanto, G., Harmoko, U., Indriana, R. D., 2018, 'Identification of landslide area in Jabungan village, Banyumanik, Semarang by using microtremor method', *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research*, vol. 04, no. 05, pp. 129-37, doi:10.23883/IJRTER.2018.4300.ZF6FF.
- Zheng, G., Xu, W., Etiope, G., Ma, X., Liang, S., Fan, Q., Sajjad, W., Li, Y., 2018, 'Hydrocarbon seeps in petroliferous basins in China: a first inventory.' *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. 151, pp.269-84, doi:10.1016/j.jseaes.2017.10.037.