

Penentuan Kedalaman dan Ketebalan Akuifer Menggunakan Metode Seismik Bias (Studi Kasus Endapan Alluvial Daerah Sioux Park, Rapid Creek, South Dakota, United State of America)

Fenti Listiyani, M. Irham Nurwidyanto, Gatot Yuliyanto
Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Universitas Diponegoro

Abstract

Data processing of refraction Seismic has been done by using the secondary data in area of Sioux Park, Rapid Creek, South Dakota, United State of America with the trajectory of seismic SP#1 which has geology structure of alluvial sediment. The sediment Alluvial has a form of water carrier rock precipitated by Rapid Creek. The data processing of refraction Seismic used in this experiment is Reciprocal Hawkins method that represent a method that develop concept of time depth recognition. The time Depth from the refractor is equal for the travel of critical time from the aspect of between refractor and surface less than time required for the ray path of projection of area refractor at a speed of refractor. Results of the seismic refracted obtained: first layer consist of clay functioning as covering layer, the second layer lapped over from clay, sand, and gravel functioning as carrier coat irrigate or coat acquife and the third layer lapped over from stone napal, functioning as waterproof coat (impermeable). Deepness of layer acquifer vary from 0.93 ft - 12.01 ft (0.28 m – 3.66 m), and their thickness vary from 0.86 ft – 14.43 ft (0.26 m – 4.40 m). The geometry of these acquifer are in the form of free acquifer or unconfined aquifer.

Keywords: seismic refraction, ground water

Intisari

Telah dilakukan pengolahan data seismik bias menggunakan data sekunder yang berlokasi di daerah Sioux Park, Rapid Creek, South Dakota, United State of America dengan lintasan seismik SP#1 yang memiliki struktur geologi berupa endapan alluvial yang menyebar secara merata, berupa batuan pembawa air yang diendapkan oleh Rapid Creek. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan seismik bias dengan metode Reciprocal Hawkins yang merupakan metode yang mengembangkan konsep mengenai time depth. Time depth dari refraktor adalah delay time dari sinar kritis yang menjalar antara refraktor dan permukaan. Time depth dari refraktor tersebut sama untuk travel time dari sudut kritis antara refraktor dan permukaan dikurangi dengan waktu yang dibutuhkan untuk penjalaran proyeksi bidang refraktor pada kecepatan refraktornya. Hasil dari pengolahan data serta analisis seismik bias diperoleh, lapisan pertama tersusun dari tanah, lempung pasir, lempung pengisi tanah dan kerikil, berfungsi sebagai lapisan penutup. Lapisan kedua tersusun dari lempung, pasir yang bersifat kering dan meluluskan, pasir kerikil yang dekat dengan permukaan, berfungsi sebagai lapisan pembawa air atau lapisan akuifer. Lapisan ketiga tersusun dari batu napal, yang berfungsi sebagai lapisan kedap air (impermeabel). Kedalaman lapisan akuifer bervariasi dari 0,93 ft – 12,01 ft (0,28 m – 3,66 m), dan ketebalan lapisan akuifer bervariasi dari 0,86 ft – 14,43 ft (0,26 m – 4,40 m). Geometri dari akuifer tersebut berupa akuifer bebas atau akuifer tidak tertekan.

Kata kunci: seismik bias, air tanah

Pendahuluan

Metode seismik adalah salah satu metode geofisika yang didasarkan pada waktu tempuh penjalaran gelombang seismik di bawah permukaan bumi. Gelombang tersebut dihasilkan dari suatu sumber gelombang buatan yang dikirim ke dalam bumi, misalnya dengan ledakan dinamit, menjatuhkan beban, pemukulan

permukaan bumi, getaran dan lain sebagainya. Gelombang yang dikirim akan menjalar ke dalam bumi, sedangkan energinya akan kembali ke permukaan yang kemudian ditangkap oleh serangkaian *geophone* yang dipasang di permukaan tanah dan disusun dalam lintasan lurus dengan sumber gelombang [1-3].

Gelombang yang tertangkap tersebut mengandung informasi tentang keadaan batuan di bawah permukaan.

Dalam penentuan struktur geologi, metode seismik dikategorikan ke dalam dua bagian besar yaitu seismik bias dan seismik refleksi [4]. Seismik bias digunakan untuk menentukan struktur geologi dangkal, sedangkan seismik refleksi untuk struktur geologi dalam. Metode seismik bias digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai keadaan struktur geologi bawah permukaan. Metode ini didasarkan pada sifat penjalaran gelombang yang mengalami bias dengan sudut kritis dalam perambatannya, gelombang tersebut melalui bidang batas yang memisahkan suatu lapisan dengan lapisan lain di bawahnya, yang mempunyai kecepatan gelombang lebih besar. Parameter yang diamati adalah karakteristik dan waktu tiba gelombang pada masing-masing *geophone*. Interpretasi dilakukan terhadap kurva waktu tempuh gelombang yang menyatakan hubungan linear antara nilai waktu tiba gelombang dengan jarak *offset geophone*.

Penelitian tentang air tanah terus dilakukan, karena air merupakan kebutuhan yang sangat dominant dalam kehidupan sehari-hari sehingga upaya pengadaan air baik dari sumber permukaan maupun bawah permukaan terus ditingkatkan. Data simulasi model air tanah meliputi bentuk geometris penyebaran serta ketebalannya biasanya dilakukan dengan metode geolistrik. Pada penelitian ini akan dilakukan penyelidikan air tanah menggunakan metode seismik bias, karena salah satu aplikasi metode ini adalah untuk menyelidiki air tanah [1]. Pengolahan data seismik bias ini menggunakan metode *reciprocal* Hawkins yang merupakan pengembangan konsep *time depth* [5].

Metode Penelitian

Jenis data yang diolah merupakan data sekunder yang diperoleh dari Lembaga

Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung, diakuisisi di *Sioux Park* dengan mengambil *Line SP#1*. Data utama yaitu data seismik yang direkam oleh *geophone* yang berupa jejak seismik yang merupakan respon dari gelombang seismik yang diinjeksikan ke dalam bumi. Sedangkan data pendukung terdiri dari data geologi daerah penelitian, data elevasi dari setiap *geophone*, data dari sumur bor, dan *range* kecepatan gelombang P dari tiap batuan.

Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan membandingkan hasil dari perhitungan data menggunakan metode di atas, dengan hasil yang diperoleh data sumur bor, geohidrologi serta geologi dari daerah penelitian. Selanjutnya dari hasil perhitungan data diperoleh nilai kecepatan tiap lapisan. Dari kecepatan tiap lapisan tersebut dianalisis menggunakan variasi kecepatan gelombang P dari tiap batuan berdasarkan referensi.

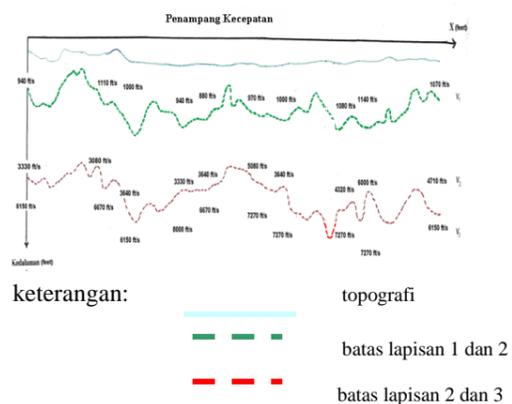
Setelah mendapatkan kedalaman dan ketebalan dari tiap *geophone*, selanjutnya dikoreksi menggunakan data sumur bor yang ada. Koreksi dengan sumur bor dilakukan untuk mendapatkan penampang bawah permukaan yang sesuai dengan kenyataannya (*real*).

Hasil Dan Pembahasan

Analisis Penampang Seismik Bias Lintasan SP#1

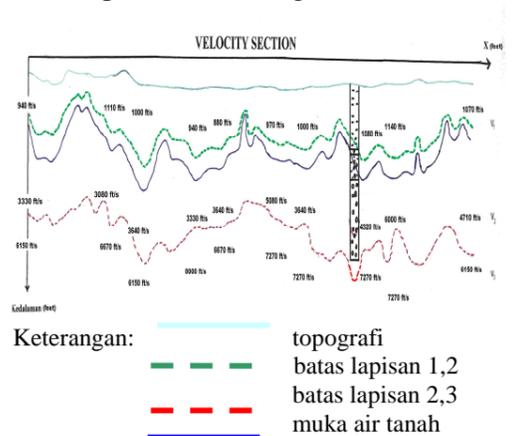
Dari penampang seismik yang telah dibuat menggunakan metode *reciprocal* Hawkins diperlihatkan adanya struktur bawah permukaan dengan tiga lapisan. Ketiga lapisan ini dapat terbentuk karena adanya nilai variasi kecepatan yang berbeda dari tiap lapisan. Dari nilai variasi kecepatan yang berbeda ini menunjukkan adanya jenis batuan penyusun dari tiap lapisan yang berbeda, sehingga dari analisis tiap lapisannya memperlihatkan kedalaman serta ketebalan tiap lapisannya, yang digunakan untuk menganalisis letak lapisan akuifer, geometri akuifer dangkal. Penampang kecepatan batuan hasil dari

interpretasi metode *reciprocal* Hawkins untuk tiap lapisan dan setelah dilakukan koreksi sumur bor tampak pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Penampang kecepatan batuan tiap lapisan menggunakan metode *reciprocal* Hawkins

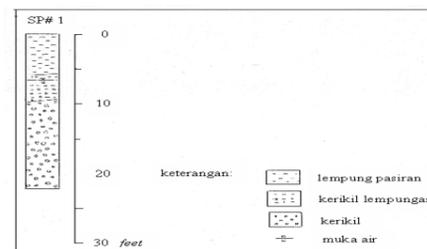
Koreksi terhadap sumur bor hanya dapat dilakukan untuk batas lapisan kesatu dan kedua, sedangkan untuk batas lapisan kedua dan ketiga tidak dapat dilakukan. Hal tersebut disebabkan data pada sumur bor tidak sampai dengan batas lapisan kedua dan ketiga tapi hanya sampai pada batas lapisan pertama dan kedua, sehingga tidak dapat digunakan untuk menentukan batas lapisan dua dan tiga.



Gambar 2. Penampang kecepatan batuan setelah dilakukan koreksi sumur bor

Berdasarkan data dari sumur bor (gambar 3) pada lokasi penelitian diperoleh batuan setempat berupa lapisan satu dan lapisan dua, karena informasi dari

data sumur bor tidak cukup untuk mengetahui batuan lapisan tiga. Batuan dari lapisan tiga diperoleh dari data geologi daerah penelitian. Data litologi sumur bor tampak tiap lapisan memiliki variasi kecepatan gelombang P yang berbeda untuk setiap jenis batuan. Hasil dari perhitungan metode *reciprocal* Hawkins tampak pada tabel 1 yang dianalisis dengan tabel 2 variasi V_p dari setiap batuan.



Gambar 3. Litologi daerah penelitian

Dari hasil perhitungan yang menggunakan metode *reciprocal* Hawkins yang diperoleh penampang seismiknya setelah diperoleh besarnya ketebalan dan kedalaman dari masing-masing lapisan pada tiap *geophone* dilakukan kalibrasi terhadap kedalaman dan ketebalan dari tiap lapisan yang diperoleh dari data sumur bor yang bertujuan agar hasil yang diperoleh menggunakan seismik bias sama dengan hasil dari sumur bor. Dari sumur bor digunakan sebagai acuan karena hasil yang diperoleh dari sumur bor menunjukkan keadaan bawah permukaan yang sebenarnya. Sumur bor dibuat dengan memecahkan batuan yang dijumpai di dasar lubang menjadi kepingan kecil.

Tabel 1 Batuan berdasar sumur bor dan geologi

Lapisan	Batuan sumur bor dan geologi	Hawkins (feet/s)
1	Lempung pasiran	1043
2	Kerikil lempungan, kerikil	4357
3	Napal	6887

Dari perhitungan metode *reciprocal* Hawkins dan juga litologi batuan pada sumur bor yang tampak pada tabel 1 kemudian dicocokkan dengan tabel 2 berupa variasi kecepatan gelombang P dari setiap batuan.

Dari analisis antara batuan berdasarkan sumur bor dan data geologi dengan variasi kecepatan gelombang P memperlihatkan keidentikan. Kecepatan gelombang pada lapisan satu identik dengan batuan dari sumur bor begitu juga pada lapisan dua identik dengan batuan dari sumur bor, kecepatan gelombang pada lapisan tiga identik dengan batuan dari data geologi.

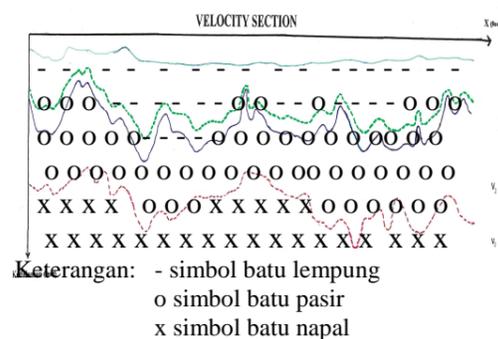
Lapisan pertama berupa lapisan lapuk yang tersusun atas tanah, lempung pasiran, lempung pengisi tanah dan kerikil merupakan lapisan penutup. Batuan lempung yang terdapat dalam lapisan ini memiliki sifat yang cukup kedap air. Lapisan yang sulit dilalui air tanah seperti lapisan lempung atau *silt* disebut lapisan penutup, lapisan ini hanya dapat menyimpan air tetapi tidak meluluskan air dalam jumlah yang berarti, yang pada penampang seismik dikenal sebagai lapisan satu.

Lapisan kedua berupa lapisan yang tersusun atas batu lempung, pasir, dan kerikil dekat dengan permukaan. Batu pasir dan batu kerikil tersaturasi menerima resapan dari *Rapid Creek* dan membentuk lapisan akuifer. Lapisan yang dengan mudah dilalui air tanah seperti pasir atau kerikil disebut lapisan permeabel, yang pada penampang seismik dikenal sebagai lapisan dua. Lapisan akuifer yaitu formasi batuan berporositas tinggi, yang mampu menyimpan dan melepaskan air dalam jumlah yang banyak, atau disebut juga lapisan pembawa atau pengandung air. Dapat juga diartikan sebagai formasi geologi yang jenuh air dan mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan meluluskan air dalam jumlah cukup ekonomis.

Lapisan ketiga berupa batu napal yang berada pada formasi *Spearfish*, memiliki sifat impermeabel atau kedap air, sehingga air yang terdapat pada lapisan dua tidak bergerak turun. Jika dilihat dari potensi air, pengendapan sungai yang bertingkat, terjadi karena erosi. Dari erosi tersebut membentuk saluran sungai (*channel*) atau bentuk aliran dari dasar sungai berubah mengikuti bentuk erosi yang baru.

Tabel 2. Variasi kecepatan gelombang P dari setiap batuan

Batuan	Variasi Vp (feet/s)
Tanah	328 – 1640
Pasir	656 – 6561
Pasir (bersifat meluluskan)	656 – 3281
Pasir (tersaturasi air, bersifat meluluskan)	4921 – 6561
Pasir dan kerikil	1312 – 7546
Lempung	3281 – 8202
Endapan lempung / lempung	984 – 5906
<i>Alluvial</i>	5906 – 7218
Napal	6561 – 13451



Gambar 4 perkiraan penampang geologi

Komposisi lempung, pasir, lempung pasiran, kerikil, dan kerikil pasiran mencirikan endapan sungai atau biasa disebut dengan endapan *alluvial*. Endapan *alluvial* ini yang merupakan batuan pembawa air di daerah penelitian.

Data geologi menunjukkan bahwa hampir seluruh daerah penelitian merupakan endapan *alluvial* yang diendapkan oleh *Rapid Creek*. Endapan *alluvial* ini berasal dari erosi secara terus menerus dari sepanjang tahun karena *Rapid Creek* ini termasuk dalam sungai yang mengalirkan air secara konsisten sepanjang tahun.

Kesimpulan

Dari proses pengolahan data dan analisis hasil pengolahan data yang dilakukan maka kesimpulan yang dapat ditarik adalah:

1. Pada daerah penelitian, berdasarkan penampang seismik terdapat tiga lapisan, yaitu:
Lapisan 1 dengan variasi kecepatan antara 880 ft/s – 1140 ft/s (268 m/s – 347 m/s), tersusun atas tanah, lempung pasir, lempung pengisi tanah dan kerikil, yang berfungsi sebagai lapisan penutup.
Lapisan 2 dengan variasi kecepatan antara 3080 ft / s – 6000 ft / s (939 m / s – 1829 m/s), tersusun atas lempung, pasir dan kerikil yang berfungsi sebagai lapisan pembawa air (akuifer), memiliki kedalaman antara 0,93 ft – 12,01 ft (0,28 m – 3,43 m) dan ketebalan 0,26 m – 4,40 m (0,86 ft – 14,43 ft) dari perhitungan metode *reciprocal* Hawkins.
Lapisan 3 dengan variasi kecepatan antara 6150 ft/s – 7270 ft/s (1874 m/s – 2216 m/s), tersusun atas batu napal,

yang berfungsi sebagai lapisan kedap air (impermeabel).

2. Pada daerah penelitian, akuifer yang terbentuk merupakan akuifer bebas (tidak tertekan) yang ditunjukkan dengan adanya lempung, pasir dan kerikil sebagai komposisi dari endapan *alluvial*. Akuifer ini berupa endapan *alluvial* yang diendapkan oleh *Rapid Creek*.

Daftar Pustaka

- [1] Reynold, J. M. 1997. *An Introduction To Applied and Environmental Geophysics*. New York. John Wiley and Sons
- [2] Ward, S. H. 1990. *Geotechnical And Enviromental Geophysics Volume I: Review And Tutorial*. Tulsa Oklahoma United State of Amerika. Society of Exploration Geophysics
- [3] Wallace, T.C. dan Lay. T. 1995. *Modern Global Seismologi*. United State of America. Academic Press
- [4] Sismanto. 1996. *Seismik Refraksi (Metode Hagiwara – Masuda)*. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada Press
- [5] Taib, M. I. T. 2000. *Seismik Refraksi. Bandung*. Institut Teknologi Bandung Press
- [6] Hawkins, L. V. 1961. *The Reciprocal Method of Routine Shallow Seismic Refraction Investigation*. *Jurnal Geophysics*. Volume XXVI No. 6