

IDENTIFIKASI STRUKTUR BATUAN BAWAH PERMUKAAN MENGUNAKAN METODE SEISMIK REFRAKSI DI KAMPUNG BARU BANJARBARU

Sumaos Triningsih¹, Ibrahim Sota², Sri Cahyo Wahyono²

ABSTRACT: It has been researched graving hole of ex-coal mining using refraction seismic method in Kampung Baru Banjarbaru. The hole is filled by water as acid puddle, where it is worried to flow through to soil layer by following the plot of rock layer's slope. Identification of subsurface structure of the area is in order to know the direction of the water's flow. Seismograph PASI 24 Channel has been used to collect data. The data has been processed using intercept time method. Interpretation results show the subsurface in residential area has 3 layers. First layer is decayed layer with wave velocity (295-413 m/s) and thickness (2.8-5.57) m. Second layer with wave velocity (787.4-919) m/s and thickness (10-11.66) m is interpreted as sand and gravel. Whereas, third layer with wave velocity (1282-2020) m/s and area boundary between h_2 dan h_3 about (13.42-16.01) m is interpreted as clay (waterproof layer).

Keywords: Seismic refraction, Intercept time method, Banjarbaru

PENDAHULUAN

Aktivitas kegiatan manusia seperti eksploitasi sumber daya alam berupa penambangan batubara sudah terjadi di Desa Kampung Baru Sei Abit Kecamatan Cempaka Kabupaten Banjarbaru sekitar 20 tahun yang lalu. Penambangan batubara yang dilakukan merupakan sistem penambangan terbuka (*open pit*). Kegiatan penambangan ini banyak menimbulkan kerusakan lingkungan. Tidak adanya proses reklamasi di area tersebut mengakibatkan terbentuknya lubang bekas galian batubara yang menyerupai bentuk mangkok dengan kedalaman lebih dari 10 meter. Pada dasarnya tanah bekas hasil

penambangan batubara bersifat asam, dan lokasi tersebut terletak di dataran yang cukup tinggi dari pemukiman warga, oleh sebab itu dikhawatirkan bila turun hujan, air akan merembes ke lapisan tanah mengalir mengikuti alur berdasarkan kemiringan lapisan batuan. Akibat kegiatan penambangan batubara terjadi perubahan kondisi fisik dan kimia di lokasi tambang dan sekitarnya seperti penurunan pH air sehingga berdampak terhadap kehidupan dan kualitas lingkungan.

Air genangan bekas lubang galian batubara umumnya tercemar oleh asam sulfat dan senyawa besi. Air yang mengandung kedua senyawa ini dapat berubah menjadi asam. Bila air

¹ Alumni Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA UNLAM

² Staff Pengajar Program Studi Fisika FMIPA UNLAM

yang bersifat asam ini melewati daerah
145 Jurnal Fisika FLUX, Vol. 10 No. 2, Agustus 2013 (144–153)
batuan karang kapur akan melarutkan

senyawa Ca dan Mg yang terlarut dalam air sehingga memberi efek terjadinya air sadah, yang tidak bisa digunakan untuk mencuci karena sabun tidak berbuih. Pada musim kemarau sebagian warga memanfaatkan air genangan tersebut untuk keperluan mandi dan mengakibatkan kulit mereka terasa gatal.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian menggunakan metode seismik refraksi oleh Priyantari & Supriyanto 2009 dengan hasil kecepatan lapisan pertama (184–198,8) m/s dan kedalaman (3,03–6,76) m. Kecepatan lapisan kedua (427,1–11,7) m/s dengan kedalaman (4,37–7,65) m, sedangkan kecepatan lapisan ketiga (918,02–972,2) m/s dengan kedalaman 13,36 m. Selanjutnya dilakukan penelitian menggunakan metode seismik refraksi oleh Refrizon et al, 2008 dengan hasil untuk lapisan pertama (894–1299) m/s sebagai pasir lepas, lapisan kedua (1607–2230) m/s sebagai lempung (*clay*), lapisan ketiga (2095–3232) m/s sebagai batu pasir. Penelitian selanjutnya oleh (Adnyawati et al, 2012) diperoleh hasil untuk lapisan pertama dengan kecepatan gelombang (300 m/s) yang diduga percampuran pasir kerikil, lapisan kedua dengan

kecepatan gelombang 1000 m/s diduga pencampuran pasir kerikil yang didominasi oleh pasir dan lapisan ketiga dengan kecepatan gelombang 2000 m/s diduga pencampuran batu pasir dan lempung.

Berdasarkan hal tersebut, muncul suatu permasalahan untuk mengkaji apakah kemiringan lapisan batuan di lubang bekas galian tambang batubara tersebut mengarah ke sumur warga atau tidak, dan bagaimana pula formasi batuanannya, maka penulis mengidentifikasi struktur bawah permukaan di daerah tersebut.

DASAR TEORI

Struktur geologi yang terdapat di lembar Banjarmasin (termasuk Kota Banjarbaru) adalah antiklin, sinklin, sesar naik, sesar normal dan sesar mendatar. Berdasarkan peta geologi Kalimantan Selatan dengan perbandingan skala 1:250.000 diperoleh informasi bahwa Banjarbaru terletak pada koordinat 3°31'50"–3°31'52"LS dan 114°51'4,1"–114°53'8,3"BT (Heryanto & Supriatna, 1997).

Hukum pemantulan dan pembiasan gelombang dalam seismik refraksi menurut (Telford et al, 1976) adalah Azas *Fermat*, Prinsip *Huygens*, Sudut Kritis. Gelombang seismik adalah

gelombang mekanis yang merambat dari satu tempat ke tempat lain dengan bumi sebagai mediumnya. Gelombang seismik dapat terjadi karena adanya sumber gelombang seismik buatan seperti dinamit, *wiegth drop*, maupun *Vibroseis* (Telford et al, 1976).

Berdasarkan arah getarnya, gelombang seismik dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu, gelombang tubuh (*body waves*) dan gelombang permukaan (*surface waves*). Gelombang tubuh terdiri dari gelombang longitudinal (gelombang P) dan gelombang transversal (gelombang S). Gelombang permukaan adalah gelombang yang terdiri dari gelombang *Love & Rayleigh*, dimana gelombang tersebut berjalan melalui permukaan bumi (Reynolds, 1997).

Menurut (Sherrif & Geldart, 1982) gelombang P merupakan gelombang yang paling cepat mencapai geopon, oleh karena itu gelombang ini dipakai sebagai sumber utama dalam eksplorasi geofisika.

Metode seismik merupakan salah satu bagian dari seismologi eksplorasi dan dikelompokkan dalam metode geofisika aktif, dimana pengukuran dilakukan dengan menggunakan sumber energi (*impulsive*) seperti palu, ledakan, penggetar dan lain-lain. Setelah usikan

diberikan, terjadi gerakan gelombang di dalam medium yaitu batuan yang memenuhi hukum-hukum elastisitas ke segala arah dan akan mengalami pemantulan atau pembiasan akibat munculnya perbedaan kecepatan, kemudian pada jarak tertentu gerakan partikel tersebut direkam sebagai fungsi waktu. Berdasarkan data rekaman inilah dapat diperkirakan bentuk lapisan atau struktur di bawah permukaan bumi (Telford et al, 1976).

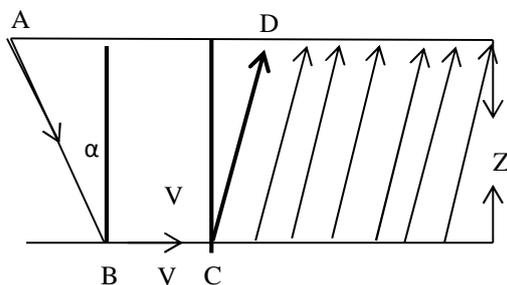
Geofon atau *seismometer*, adalah satu unit peralatan yang berhubungan langsung dengan bumi yang mampu mengubah gerakan bumi akibat tembakan menjadi sinyal listrik. Sinyal ini merupakan masukan ke sistem instrumental, dimana hasil akhirnya merupakan penyajian informasi geologi bawah permukaan dalam beberapa bentuk yang terlihat, biasanya berbentuk catatan atau data (Dobrin, 1988). Metode *Intercept Time* adalah metode T-X yang diperoleh dari grafik (waktu terhadap jarak).

Penjalaran Gelombang Pada Kasus 2 Lapis

Waktu rambat gelombang bias pada Gambar 1 diperoleh dengan persamaan;

$$T = \frac{AE+CD}{V_1} + \frac{BC}{V_2} \quad \dots 1$$

T adalah waktu yang ditempuh gelombang seismik dari titik tembak (A) sampai ke Geopon (D), AB adalah jarak dari titik A ke titik B, CD merupakan jarak dari titik C ke titik D, BC adalah jarak dari titik B ke titik C, V_1 adalah kecepatan gelombang pada lapisan 1 dan V_2 adalah kecepatan gelombang pada lapisan 2. Z_1 adalah ketebalan pada lapisan pertama, α adalah sudut antara garis gelombang datang dengan garis normal serta dapat diartikan sudut antara garis gelombang bias dengan garis normal dan variabel x adalah jarak antara titik tembak (A) dengan geofon (D).



Gambar 1. Sistem dua lapis sederhana dengan bidang batas antar lapisan (Telford et al, 1976).

Bila $x=0$ maka akan diperoleh $T(x=0)$ dan nilai tersebut dapat dibaca pada kurva waktu terhadap jarak yang disebut sebagai *intercept time*. Untuk memperoleh kedalaman lapisan pertama dapat dihitung dengan persamaan;

$$Z_1 = \frac{T_1 V_1}{2 \cos \alpha} \quad (2)$$

T_1 disebut *intercept time*, apabila $\alpha = \sin^{-1}(V_1/V_2)$, maka persamaan (2) menjadi:

$$Z_1 = \frac{T_1 V_1 V_2}{2(V_2 - V_1)} \quad (3)$$

Penjalaran Gelombang Pada Kasus Tiga Lapis Datar

Menurut Telford et al, 1976 berdasarkan Gambar 2 diperoleh persamaan berikut;

$$T_1 = \frac{x_1}{V_1} \quad (4)$$

$$T_2 = \frac{x}{V_2} + c_1 \quad (5)$$

$$T_3 = \frac{x}{V_3} + c_1 + c_2 \quad (6)$$

$$T = T_{AB} + T_{BC} + T_{CD} + T_{DE} + T_{EF} \quad (7)$$

$$T_3 = \left(\frac{2Z_1 \cos i_{1,3}}{V_1} + \frac{2Z_2 \cos i_{2,3}}{V_2} \right) + \frac{x}{V_3} \quad (8)$$

Karena $T=C$ maka persamaan menjadi,

$$T_3 = t_1 + t_2 + \frac{x}{V_3} \quad (9)$$

Untuk menghitung ketebalan di T_2 (*first break time*) gelombang langsung, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan;

$$Z_1 = \frac{V_1}{2 \cos i_{1,2}} \left(T_2 - \frac{x}{V_2} \right) \quad (10)$$

Ketebalan lapisan kedua dihitung dengan menggunakan T_3 dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan;

$$Z_2 = \frac{V_1}{2 \cos i_{2,3}} \left(T_3 - t_1 - \frac{x}{V_3} \right) \quad (12)$$

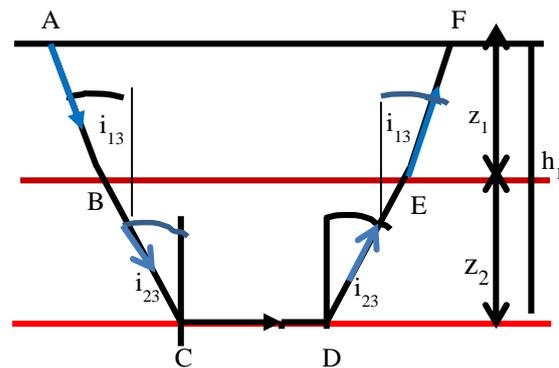
dimana $T_1 =$ *intercept time 1* (m/s), $T_2 =$ *intercept time 2* (m/s), $Z_2 =$ ketebalan lapisan kedua (m), $Z_1 =$ ketebalan lapisan pertama (m)

METODE PENELITIAN

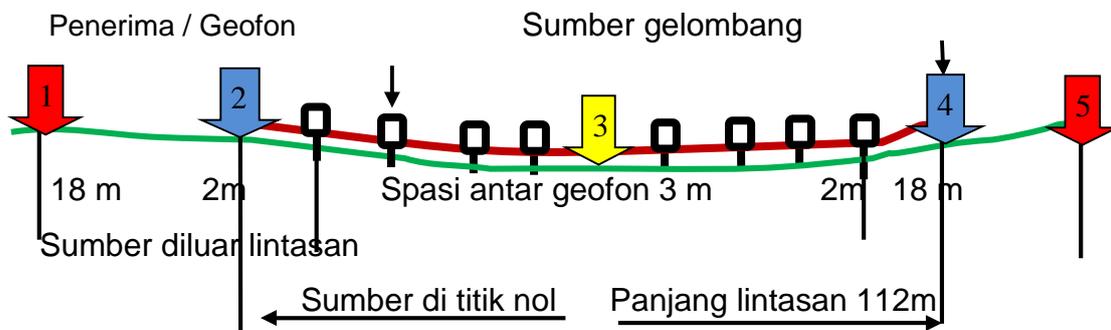
Penelitian ini menggunakan seperangkat alat *Seismograph* PASI 24 *channel*, palu 3 kg dan landasannya 27 kg, meteran, kabel *multicom*, geofon, komputer PC atau Laptop, dan GPS. Unit akuisisi *seismograf* PASI-24 *channel*. dilengkapi dengan dua set kabel konektor yang dihubungkan dengan 24 geofon dan palu (*hammer*) yang dihubungkan dengan satu set kabel konektor. Dalam survei seismik refraksi ini pengambilan data dilakukan dengan susunan konfigurasi peralatan geofondan sumber gelombang dipasang dalam satu garis lurus (*line seismic*).

Pengambilan data di lapangan memerlukan 5 kali pengukuran, 1 kali pengukuran dengan sumber gelombang

yang diletakan di tengah-tengah lintasan, 2 kali pengukuran dengan menempatkan sumber gelombang tepat pada kedua ujung lintasan dan 2 kali pengukuran dengan menempatkan sumber gelombang di luar lintasan. Hal ini bertujuan untuk mengoreksi data yang sudah diambil pada lintasan yang digunakan, seperti yang terlihat pada gambar 3. Sebelum pengambilan data seismik, semua geofon dikalibrasi terlebih dahulu untuk memastikan kinerja dari geofon tersebut.



Gambar 2. Sistem penjalaran gelombang untuk kasus tiga lapis datar (Telford et al, 1976).



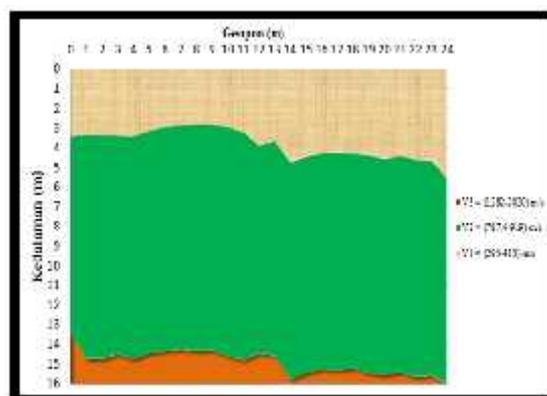
Gambar 3 .Cara pengambilan data seismik refraksi.

Data yang terekam di alat seismograf berbentuk data digital yang kemudian ditransfer melalui USB, namun pada penelitian data diolah secara manual, yaitu dengan cara memotret beberapa data seismik hasil rekaman di lapangan pada layar monitor di alat *seismograph* tersebut, kemudian mencetaknya. Setelah data berupa gambaran rekaman mengenai penjalaran gelombang diperoleh, maka dilakukan proses *first break picking*. Cara penentuan *first break* secara manual disini adalah dengan menggunakan millimeter blok yang disesuaikan dengan panjangnya hasil foto, kemudian dibandingkan antara skala di foto dengan banyaknya garis pada militer blok, selanjutnya hasil dicatat sebagai T artinya waktu pertama kali gelombang seismik dari sumber pertama kali mencapai

penerima untuk tembakan pertama. Langkah yang sama juga diperlakukan terhadap tembakan 2, 3, 4 dan 5. Setelah proses penentuan *first break picking* selesai, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai kecepatan V_1 , V_2 dan V_3 berdasarkan kemiringan grafik serta kedalaman h suatu lapisan batuan secara manual menggunakan rumus dengan metode *intercept time*.

HASIL

Tabel 1 menunjukkan hasil ketebalan, kedalaman dan kecepatan lapisan batuan. Setelah diperoleh nilai ketebalan di lapisan pertama Z_1 dan ketebalan lapisan kedua Z_2 , serta kedalaman h_2 maka dengan memplot hasil perolehan tersebut terhadap jarak antar geofon akan terlihat hasil penampang kedalaman yang ditunjukkan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil penampang bawah daerah Kampung Baru.

¹ Alumni Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA UNLAM

² Staff Pengajar Program Studi Fisika FMIPA UNLAM

Tabel 1. Tabel hasil ketebalan, kedalaman dan kecepatan lapisan batuan

Geofon Ke-	Jarak (m)	Ketebalan, Z_1	Ketebalan, Z_2	Kedalaman, h_2
		(m) $V_1 = 295-413$ m/s	(m) $V_2 = 787.4-919$ m/s	(m) $V_3 = 1282-2020$ m/s
	0	3,42	10,00	13,42
1	2	3,35	11,39	14,74
2	5	3,37	11,37	14,74
3	8	3,40	11,08	14,48
4	11	3,00	11,34	14,00
5	14	3,14	11,31	14,45
6	17	2,94	11,40	14,34
7	20	2,85	11,38	14,23
8	23	2,80	11,52	14,32
9	26	2,81	11,47	14,28
10	29	2,95	11,66	14,61
11	32	3,21	11,58	14,79
12	35	3,89	10,50	14,39
13	38	3,66	10,50	14,16
14	41	4,76	11,01	15,77
15	44	4,46	11,02	15,48
16	47	4,28	10,99	15,27
17	50	4,25	11,00	15,00
18	53	4,29	10,91	15,20
19	56	4,38	11,08	15,46
20	59	4,59	10,99	15,58
21	62	4,41	10,99	15,40
22	65	4,61	11,04	15,65
23	68	4,66	10,88	15,54
24	71	5,57	10,44	16,01

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan interpretasi data seismik, dihasilkan penampang geologi bawah permukaan sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 4. Gambar tersebut terpasang 24 geofon dengan spasi antar geofon 3 meter dengan panjang

lintasan pengukuran 71 meter, dimana posisi titik tembak pertama terletak di bagian barat dan posisi titik tembak terakhir di bagian timur. Beda tinggi (elevasi) antara dua titik tersebut sekitar 1 meter yang menunjukkan bahwa topografi daerah pengukuran relatif datar.

Perhitungan data dianalisis berdasarkan metode *intercept time* dari *shoot* 1-5 dan diperoleh kecepatan gelombang di lapisan pertama V_1 sebesar 295-413 m/s dengan ketebalan lapisan pertama (Z_1) sebesar 2,8-5,57 m. Pada lapisan ini arah kemiringan lapisan batuan lebih mengarah ke arah timur, hal ini ditunjukkan oleh *range* kedalaman untuk jarak titik tembak pertama hingga jarak titik tembak terakhir yang menunjukkan beda kedalaman sekitar 2,77 meter. Berdasarkan Tabel 1, kecepatan gelombang seismik dari beberapa material seperti yang diterapkan oleh (Reynolds, 1997), serta litologi daerah Cempaka maka pada lapisan ini dikategorikan sebagai lapisan lapuk yang terdiri dari tanah kerikil dengan sedikit campuran pasir di permukaan. Pada lapisan kedua diperoleh kecepatan gelombang V_2 sebesar 787,4-919 m/s dengan ketebalan (Z_2) berkisar antara 10-11,66 m diinterpretasikan sebagai pasir kerikilan. Adapun arah kemiringan lapisannya mengarah ke arah timur (geofon terakhir). Pada lapisan ketiga diperoleh kecepatan gelombang (V_3) sebesar 1282-2020 m/s. Pada lapisan ini tidak diketahui besarnya kedalaman lapisan 3 karena penjalaran gelombang hanya mampu menembus hingga bidang

batas antara lapisan kedua dan ketiga yaitu dengan kedalaman sekitar 13,42-6,01 m dan diinterpretasikan sebagai lapisan kedap air, dimana formasi batuan pada lapisan ini adalah lempung yang merupakan batuan sedimen klastik, dengan arah kemiringan lapisan cenderung ke arah timur.

Lapisan pertama merupakan *top soil* yang terdiri dari tanah kerikil dengan sedikit campuran pasir di permukaan, dimana pada lapisan ini didominasi oleh kerikil. Secara hidrogeologi lapisan lapuk memiliki porositas dan permeabilitas tinggi dibandingkan dengan lapisan dibawahnya, sehingga bila terdapat fluida cair yang mengenainya maka fluida tersebut mudah diloloskan (Gimenez & Morell, 1997). Di bawah *top soil* terdapat lapisan dengan formasi batuan berupa pasir kerikilan yang didominasi oleh pasir. Pasir memiliki porositas dan permeabilitas yang cukup baik sehingga berperan sebagai akuifer untuk merembeskan atau mengalirkan air tanah, sehingga pada lapisan ini fluida masih mampu mengalir ke lapisan dibawahnya.

Lapisan ketiga terdiri dari lempung. Pada prinsipnya lempung memiliki porositas tinggi dan sifat permeabilitasnya rendah, dimana ia

mampu menyerap dan menyimpan air sebanyak jumlah pori-porinya akan tetapi sulit untuk meloloskan air, karena pada lapisan ini mengalami kompaksi atau pemadatan berupa beban dari lapisan di atasnya, sehingga tekanan lebih yang besar menyebabkan kerapatan (densitas) yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan sebelumnya. Hal ini sesuai dengan keadaan di lokasi penelitian yaitu di Desa Kampung Baru, dimana terdapat lubang bekas galian batubara yang berbentuk seperti cekungan dengan kedalaman lebih dari 10 meter dari permukaan. Lubang bekas galian batubara tersebut terisi oleh genangan air yang mengendap selama bertahun-tahun.

Berdasarkan struktur batuan bawah permukaan yang diperoleh dari hasil penelitian di lapangan diperkirakan air genangan yang terdapat di kubangan bekas galian batubara tidak akan merembes hingga ke sumur-sumur warga, hal ini diperkuat dengan adanya arah kemiringan lapisan yang lebih mengarah ke arah timur, sedangkan berdasarkan topografi lapangan letak pemukiman warga mengarah kearah selatan, sehingga kemungkinan besar rembesan air di lubang bekas galian batubara yang bersifat asam tersebut

tidak mengarah ke pemukiman setempat.

KESIMPULAN

1. Struktur bawah permukaan yang terdapat di daerah penelitian termasuk dalam struktur primer dengan formasi batuan berupa dataran alluvial.
2. Ketebalan lapisan pertama Z_1 diperoleh sebesar 2,8-5,57 m, untuk ketebalan lapisan kedua Z_2 diperoleh sebesar 10-11,66 m, sedangkan kedalaman dibidang batas antara lapisan kedua dan ketiga h_2 adalah (13,42-16,01) m. Kemiringan ketiga lapisan ini mengarah ke arah timur sedangkan pemukiman warga terletak di arah selatan.
3. Kecepatan gelombang di lapisan pertama V_1 berkisar antara (295-413) m/s, jenis batumannya adalah kerikil. Kecepatan gelombang lapisan kedua V_2 berkisar antara (787,4-919) m/s, dikategorikan sebagai pasir kerikilan. Kecepatan gelombang lapisan ketiga V_3 sebesar (1282-2020) m/s. Jenis batuan pada lapisan ketiga terdiri dari lempung.

DAFTAR PUSTAKA

- Adyawati, K.N., R. Effendi, & Sabhan. 2012. *Analisis Struktur Bawah Permukaan Dengan Menggunakan Metode Seismik Refraksi Di*

- Universitas Tadulako. Jurusan Fisika, Fakultas MIPA. Universitas Tadulako. *Jurnal Natural Science* 1(1):17-26. **153** *Jurnal Fisika Tadulako*, Agustus 2013 (144-153)
- Dobrin, M. B & C.H. Savit.1988 *Introduction to Geophysical Prospecting Fourth Edition*. McGRAW-Hill-International Editions. Singapore.
- Gimenez, E & I, Morell. (1997), *Hydrochemical Analysis Of Salinization Processes In The Coastal Aquifer Of Oropesa* (Castellon, Spain, Environmental Geologi.
- Heryanto, R., Rustandi, & E., Supriatna, S. 1994. *Peta Geologi Sampanahan Kalimantan*. Pusat penelitian dan pengembangan geologi, Bandung.
- Priyantari, N., & A. Supriyanto. 2009. *Penentuan Kedalaman Bedrock Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember*. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. *Jurnal ILMU DASAR* 10 (1):6 – 12
- Refrizon, Suwarsono, & H. Yudiansyah. 2008. *Penentuan Struktur Bawah Permukaan Daerah Pantai Panjang Kota Bengkulu Dengan Metode Seismik Refraksi*. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Indonesia. *Jurnal Gradien* 4(2):337-341.
- Reynolds, J. M. 1997. *An introduction To Applied And Environmental Geophysics*. New York. John Wiley and Sons.
- Sherrif, R. & L.P. Geldart.1982. *Exploration Seismology*. New York; Cambridge University Press.
- Telford, M. W., L. P. Geldart., R. E. Sherrif, & D. A. Keys.1976. *Applied Geophysic*, Cambridge University Press, New York.