

**PENENTUAN PERLAPISAN BATUGAMPING FORMASI RAJAMANDALA
MENGUNAKAN METODE GROUND PENETRATING RADAR
DI DAERAH PADALARANG, KABUPATEN BANDUNG**

**DETERMINATION OF RAJAMANDALA FORMATION LIMESTONE LAYER
BY USING GPR METHOD AT PADALARANG, BANDUNG REGENCY**

Hans E A Siregar¹ dan Eki Komara²

¹Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

²Program Studi Magister Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Pertambangan
dan Perminyakan Institut Teknologi Bandung

hans.elmauri@gmail.com

ABSTRAK

Batugamping Formasi Rajamandala sangat menarik untuk diteliti karena batumannya tersingkap secara luas di permukaan. Batugamping terbentuk di wilayah laut dangkal yang tersingkap menjadi perbukitan karena gejala tektonik berupa subduksi dan lipatan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Ground Penetrating Radar (GPR) untuk mengetahui sebaran fasies batugamping. Penelitian ini meliputi, pengambilan data pada frekuensi 75 MHz, pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak ReflexW, dan interpretasi data lapangan. Data bor digunakan untuk membantu interpretasi sebaran fasies dalam arah vertikal. Frekuensi antena yang digunakan adalah 75 MHz. Penggunaan frekuensi ini memberikan kemampuan resolusi yang cukup baik dengan jangkauan kedalaman yang memenuhi target. Proses pengolahan data GPR dilakukan dengan tahapan, penapisan *noise*, penguatan sinyal gelombang, proses *bandpass* frekuensi, dekonvolusi, *stack trace*, migrasi *kirchoff*, penapisan *f-k-filter*, dan penerapan koreksi statik. Data yang sudah diolah kemudian diinterpretasi dan dianalisis sehingga didapatkan sebaran fasies dan struktur batugamping. Daerah Cikamuning sekitar sumur X merupakan daerah *slope* dari terumbu, karena didominasi oleh fasies batugamping *packstone-grainstone* dan *floatstone-rudstone* dengan arah pengendapan timurlaut - baratdaya.

Kata kunci: fasies batugamping, Formasi Rajamandala, frekuensi alat GPR, pemrosesan data, interpretasi data

ABSTRACT

Limestone of the Rajamandala Formation is very interesting object to be studied since those outcrops are widely exposed on the surface. Limestone was formed in shallow marine areas and then it was exposed into the limestone ridge because the subduction and the tectonic fold mechanisms. A research to comprehend the distribution of the limestone facies was conducted by using GPR method, which includes as follows: GPR data acquisition with antenna frequency of 75 MHz, data processing using ReflexW, and interpretation of the data. Borehole data were used to lead facies distribution interpretation in vertical direction. The GPR antenna frequency used is 75 MHz. It gives reliable resolution and can penetrate to the depth target. The data processing was conducted by following steps: static correction, noise filtering, wave gaining, bandpass frequency filtering, deconvolution, stack trace, kirchoff migration, f-k filtering and set the static correction. The processed data were interpreted into distribution of facies and structure of limestone. The Cikamuning area around the well X is interpreted as the slope of the reef because it is dominated by packstone-grainstone facies limestones and floatstone-rudstone with its deposition is trending northeast-southwest.

Keywords: *limestone facies, Rajamandala Formation, GPR frequency, data processing, data interpretation*

PENDAHULUAN

Formasi Rajamandala tersingkap luas di daerah Padalarang-Jawa Barat, mulai dari daerah Cikamuning (Tagogapu) di bagian timur sampai Saguling di bagian barat (Siregar, 2005). Sebaran formasi ini membentuk perbukitan rendah berketinggian antara 400 meter s.d. 900 meter di atas permukaan laut. Batugamping pada formasi ini menjadi bahan tambang untuk berbagai industri yang tersebar di daerah ini, seperti industri teraso, ubin, perabotan rumah dan hotel, tepung kalsit, pupuk dan sebagainya. Aktivitas penambangan telah mengupas sebagian besar singkapan di daerah ini, sehingga memudahkan akses penelitian. Namun di lain pihak, sebagian besar dari batugamping yang tersingkap dan berguna bagi ilmu pengetahuan geologi telah hilang, sehingga singkapan-singkapan kunci untuk petunjuk lingkungan pengendapan sulit ditemukan.

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran batuan, stuktur, dan stratigrafi batugamping Formasi Rajamandala dengan menggunakan metode *Ground Penetrating Radar (GPR)* di sekitar sumur X Cikamuning. Teknologi GPR merupakan metode yang tepat untuk mendeteksi stratigrafi, geostruktur, atau benda-benda dalam tanah yang berada di kedalaman dangkal (0,1 meter s.d. 50 meter).

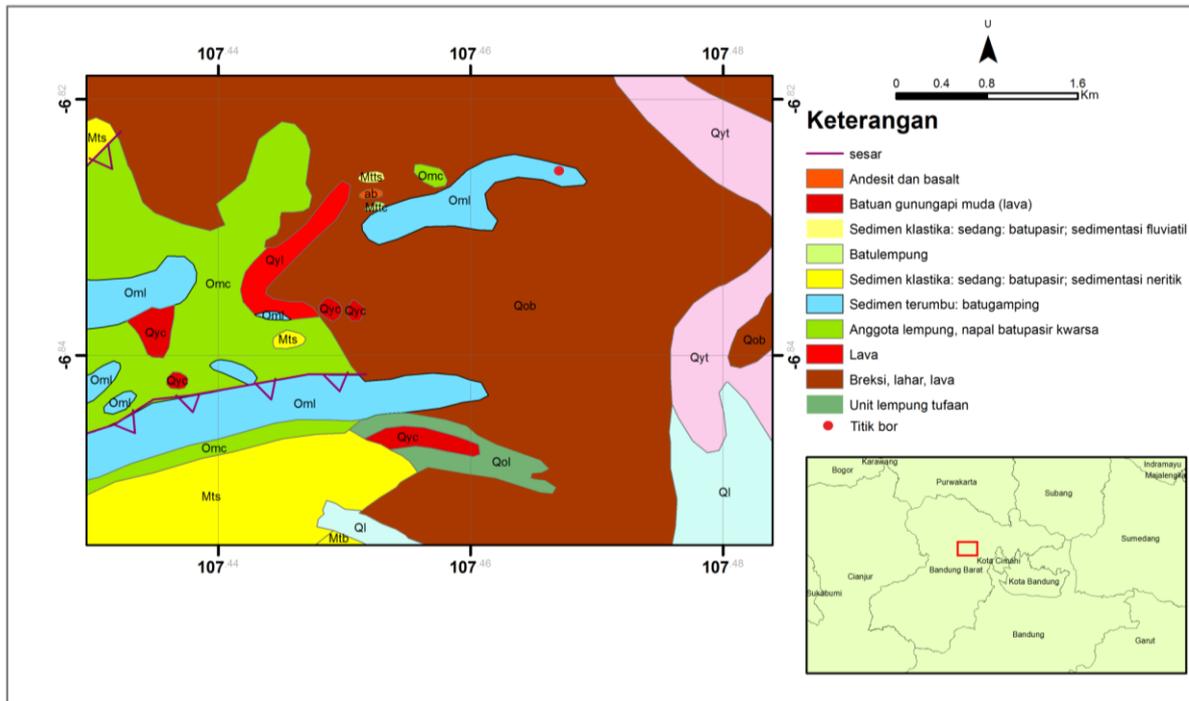
Untuk mendapatkan informasi pada data radargram, perlu dilakukan analisis radar fasies berdasarkan perbedaan refleksi gelombang radar yang parameternya berupa konfigurasi, amplitudo, kontinuitas, frekuensi, kecepatan interval, atenuasi

dan dispersi pada tiap kelompok gelombang radar (Baker, 1991).

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Formasi Rajamandala tersingkap luas di daerah Padalarang Kabupaten Bandung Barat Provinsi Jawa Barat (Gambar1). Singkapan Formasi Rajamandala mulai dari daerah Cikamuning (Togogapu) di bagian timur sampai Saguling di bagian barat dan tersebar membentuk perbukitan berketinggian antara 400 meter s.d. 900 meter di atas permukaan laut (Nugroho, 2009). Secara fisiografi, Formasi Rajamandala termasuk ke dalam bagian Cekungan Bandung. Cekungan Bandung dimulai dari daerah Nagreg di bagian timur sampai ke Padalarang di sebelah barat dengan jarak horizontal sekitar 60 km sedangkan jarak utara-selatan sekitar 40 km.

Berdasarkan Siregar (2005), stratigrafi daerah Padalarang (Gambar 2), memiliki satuan tertua berupa Formasi Batuasih, yang disusun terutama oleh batulempung dengan sisipan sedikit batupasir kuarsa dan batupasir konglomeratan. Singkapan formasi ini secara setempat dapat diamati di utara Pasir Batununggul-Tanggulun Manik dan juga di sebelah utara Pasir Masigit-Pawon-Bengkung. Formasi Batuasih terbentuk pada lingkungan yang sangat bervariasi (delta), pelengseran-pelengseran batuan berlingkungan dangkal ke tempat yang lebih dalam bisa terjadi. Formasi Rajamandala terletak selaras di atas Formasi Batuasih. Formasi ini terdiri dari dua anggota yaitu anggota batugamping dan anggota batulempung dan napal. Hubungan kedua anggota adalah menjemari.



Gambar 1. Peta geologi daerah Rajamandala dan sekitarnya (modifikasi dari Sudjtmiko, 1972)

UMUR		FORMASI	LITHO LOGI	PEMERIAN
RESEN		ENDAPAN SU-NGAI		Pasir, kerikil, boulder.
PLIOSEN		VULKANIK KUARTER		Tufa, breksi, lahar, dsb.
MIOSEN	TENGAH	F. CITARUM		Selang-seling antara batu pasir, batu lanau, breksi dan lempung. Memperlihatkan urutan endapan turbidit, tipe proximal - distal.
	AWAL			Lempung abu-abu gelap, bersisipan batupasir kuarsa, batu gamping pasiran dan lempung karbonat.
OLIGOSEN	ATAS	F. RAJAMANDALA		Batugamping terumbu, koral, ganggang, foraminifera, moluska.
	TENGAH	F. BATUASIH		Lempung abu-abu gelap, mengandung fosil foraminifera plangton, sisipan batupasir kuarsa dan batupasir konglomeratan.
	N1	ANGGOTA BATUGAMPING		
	N4			
	N5			
	N13			

Gambar 2. Susunan stratigrafi daerah Rajamandala (Siregar, 2005)

Formasi Citarum menutup selaras Formasi Rajamandala. Formasi ini terdiri dari selang seling batupasir *greywacke*, breksi vulkanik, dan serpih hitam. Pada batupasir banyak ditemukan struktur sedimen *graded bedding*, *parallel lamination*, dan *convolute lamination*. Formasi Citarum ditafsirkan terbentuk sebagai endapan *turbidit* yang dipengaruhi oleh aktifitas vulkanik berumur mulai dari bagian atas Miosen Bawah sampai Miosen Tengah.

METODOLOGI

GPR adalah metode geofisika yang memanfaatkan sifat-sifat kelistrikan dan kemagnetan gelombang elektromagnetik dengan selang frekuensi radio (1 MHz s.d. 1000 MHz), dalam menggambarkan profil bawah permukaan. Pada studi kasus ini digunakan frekuensi alat 75 MHz dengan tujuan untuk mendapatkan kedalaman yang ditargetkan dengan resolusi yang cukup bagus.

Dengan resolusi yang tinggi, GPR mampu mendeteksi benda atau struktur geologi ukuran kecil seperti patahan, void, rekahan, dan sebagainya (Annan and Davis, 1989). Adapun tahap penelitian georadar yang dilakukan adalah akuisisi data, pemrosesan data, dan interpretasi data.

Alur penelitian pada ini adalah akuisisi data, pengolahan data, interpretasi yang dilakukan dengan bantuan data bor untuk mengetahui sebaran litofasies arah vertikal (Gambar 3).

Teknik Akuisisi

Daerah survei GPR pada studi kasus ini terletak sekitar sumur X Cikamuning, Padalarang, Kabupaten Bandung Barat, seperti ditunjukkan oleh lingkaran merah

pada Gambar 1. Koordinat sumur penelitian 6°48'55" LS dan 107°27'54" BT. Akuisisi data dilakukan di sekitar sumur X.

Teknik Pengolahan Data

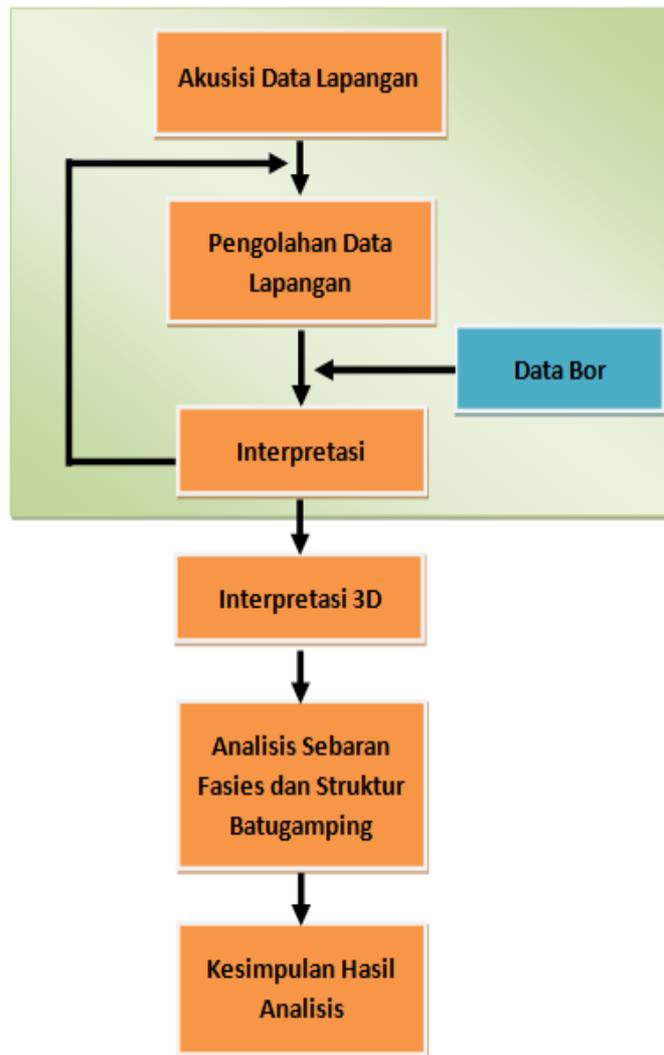
Data hasil akuisisi yang didapat dari lapangan memiliki tipe ekstensi .SEGY dan diolah menggunakan *software Reflexw* versi 5 produksi *Sandmeier* (2008). Pada penelitian ini dilakukan dua cara tahapan pengolahan data yang kemudian akan dibandingkan hasilnya. Cara pengolahan data yang hasilnya paling baik akan digunakan untuk pengolahan data berikutnya dan hasilnya akan digunakan untuk interpretasi.

Dua cara tahapan pengolahan data dalam penelitian ini adalah cara 1 (Gambar 4), yaitu dengan melakukan proses dekonvolusi setelah *bandpass* frekuensi dan cara 2 (Gambar 5) dengan melakukan proses dekonvolusi setelah f-k filter. Hasil dari pengolahan data cara 1 dan cara 2 dibandingkan untuk mengetahui hasil yang paling baik (Gambar 8 dan Gambar 9).

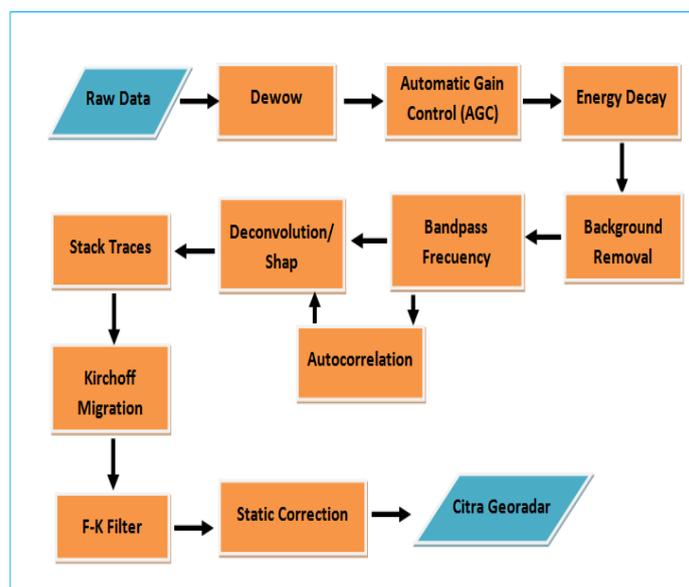
Teknik Interpretasi

Hasil pengolahan data GPR disebut dengan radargram. Radargram menampilkan kumpulan nilai amplitudo gelombang yang ditampilkan sebagai fungsi posisi (sumbu horizontal) dan waktu (sumbu vertikal). Waktu tersebut adalah waktu tempuh dua arah gelombang.

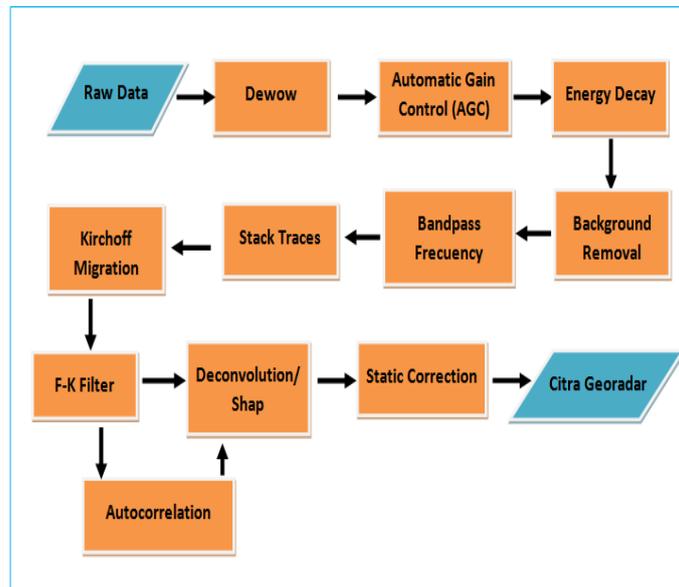
Teknik interpretasi pada hasil data GPR penelitian ini sangat dibantu dengan adanya data bor sebagai data ikat. Dengan adanya data bor, interpretasi terhadap sebaran fasies karbonat yang ada di bawah permukaan dapat dilakukan dengan lebih tepat.



Gambar 3. Diagram alur penelitian



Gambar 4. Tahapan pengolahan data GPR (metode 1)



Gambar 5. Tahapan pengolahan data GPR (metode 2)

KEDALAMAN (m)	KETE BALAN (m)	LITOLOGI	KETERANGAN
0	4,8	soil (weathering zone)	
4,8	2,1	Packstone - Grainstone	
6,9	8,0	Floatstone - Rudstone	
14,9	3,5	Siltstone	
18,4	1,1	Floatstone - Rudstone	
19,5	1,1	Framestone	
20,6	1,8	Breccia	
22,4	0,6	Siltstone	
23	0,7	Floatstone - Rudstone	
23,7	6,5	Packstone - Grainstone	
30	2,7	Bafflestone - Framestone	
32,9	2,35	Packstone - Grainstone	
35	35,25		

Gambar 6. Litologi sumur pemboran X

Data bor dan data GPR saling menunjang, data bor dapat menentukan kedalaman suatu fasies (Gambar 6) dan memberikan informasi bawah permukaan secara vertikal, sedangkan data GPR dapat membantu sebaran dan memberikan informasi bawah permukaan lateralnya. Selain itu, interpretasi dilakukan dengan memperhatikan adanya keseragaman amplitudo, kecepatan rambat gelombang, kontinuitas, bentuk gelombang, pola difraksi, dan warna pada radargram (Baker and Harry, 2007). Dari parameter ini, dapat ditentukan batas litologi, perkiraan jenis litologi, kondisi struktur, dan berbagai macam bentuk material bawah permukaan.

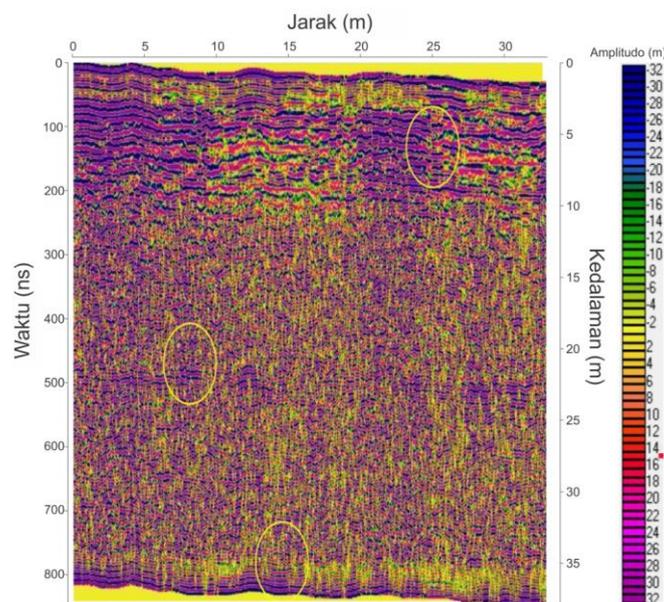
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain survey berbentuk persegi panjang dengan dua line yaitu Line 2 dan Line 3 melewati sumur, sedangkan Line 1 sejajar dengan Line 3 dan Line 4 sejajar dengan Line 2 (Gambar 7).

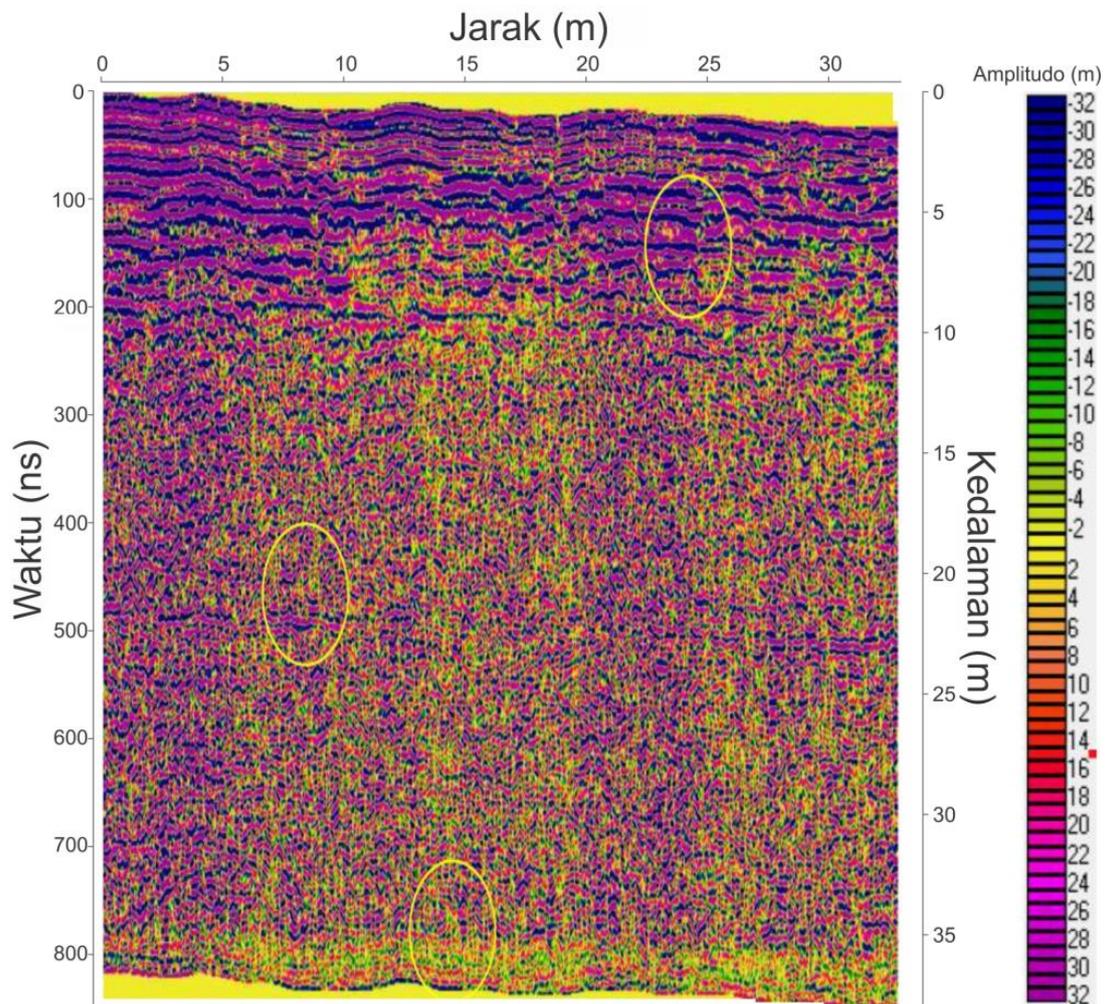
Hasil dari pengolahan data pada Line 4 dengan menggunakan cara 1 yaitu dengan melakukan proses dekonvolusi setelah *bandpass* frekuensi ditunjukkan dengan Gambar 8, sedangkan hasil pengolahan data dengan cara 2 dengan melakukan proses dekonvolusi setelah f-k filter ditunjukkan dengan Gambar 9.



Gambar 7. Lintasan surver GPR



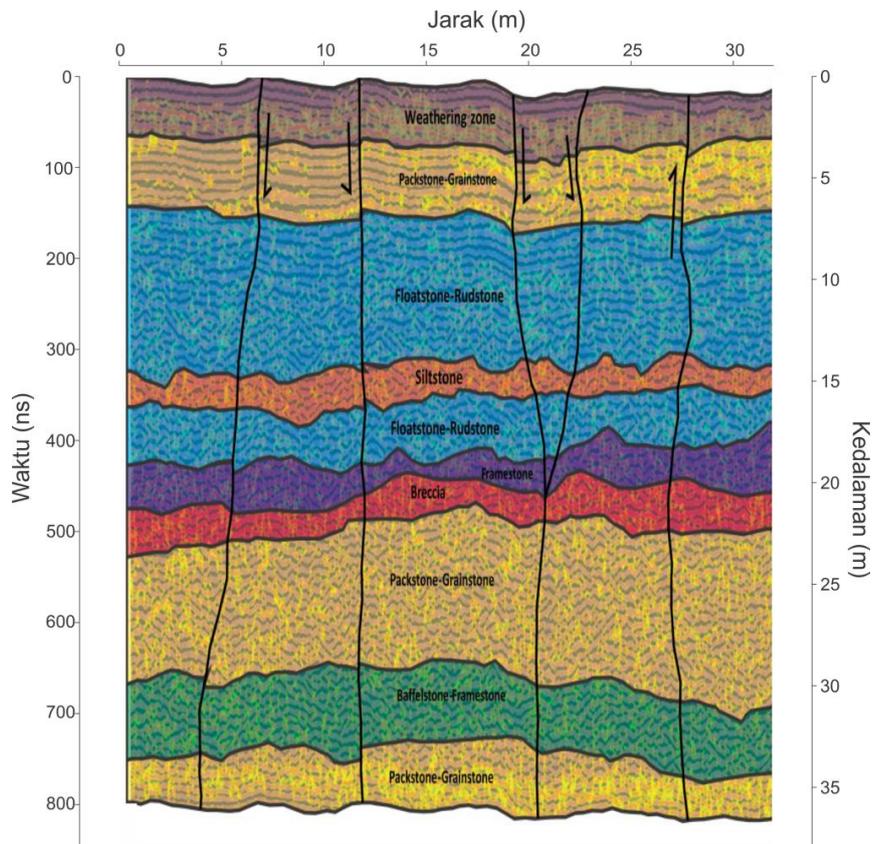
Gambar 8. Hasil pengolah data dengan metode 1 pada Line 4



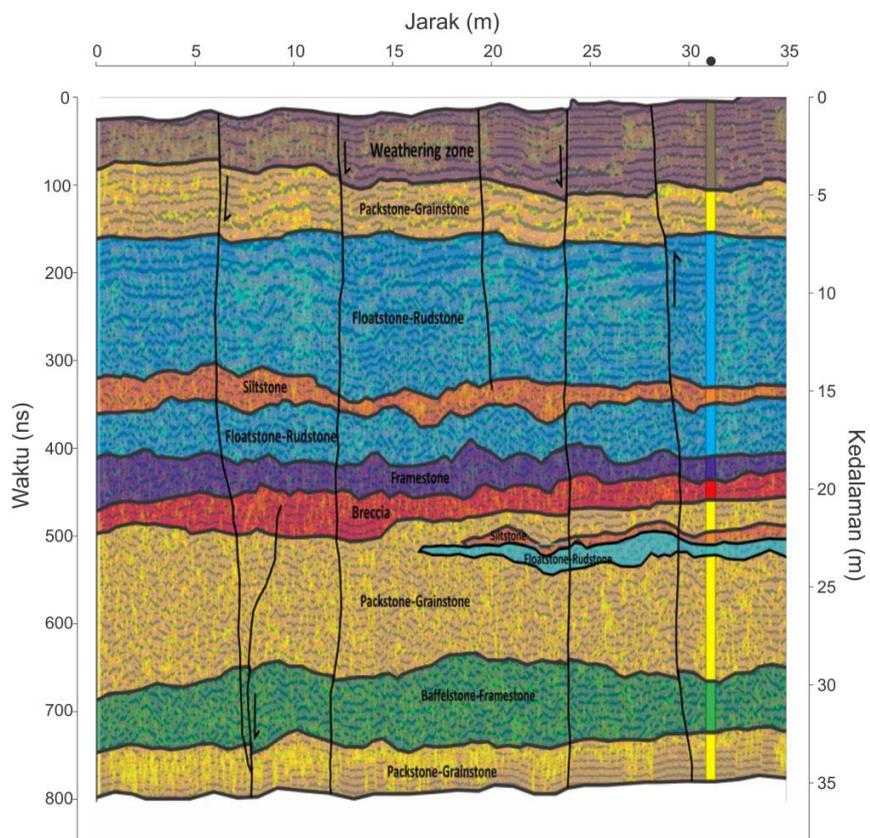
Gambar 9. Hasil pengolahan data dengan metode 2 pada Line 4

Perbedaan dalam proses pengolahan data dapat menghasilkan hasil citra georadar yang berbeda. Pada penelitian ini, proses dekonvolusi dilakukan pada tahapan yang berbeda pada masing-masing metode. Pada cara yang pertama proses dekonvolusi dilakukan setelah proses *bandpass* frekuensi, sedangkan pada cara yang kedua dekonvolusi dilakukan setelah proses f-k filter. Dua cara pengolahan data tersebut memberikan hasil yang berbeda, dimana hasil pengolahan cara yang pertama memperlihatkan kemenerusan reflektor yang lebih terlihat sampai kedalaman 36 m dibandingkan hasil pengolahan data yang kedua hanya baik memperlihatkan kemenerusan reflektor sampai kedalaman sekitar 10 m. Dengan demikian, pengolahan data dengan cara yang pertama yang digunakan untuk pengolahan data selanjutnya.

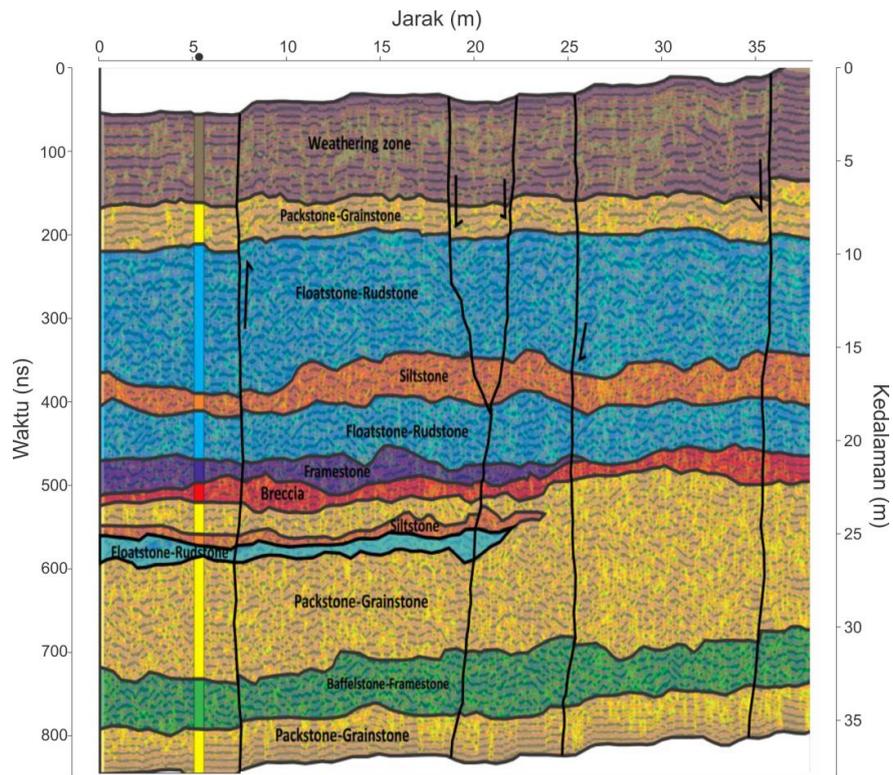
Pada data hasil pengolahan di atas kemudian dilakukan *well-tie* radargram dengan data bor (Geological Research Group ITB, 2009) untuk mengetahui sebaran litofasies secara vertikal. Agar pengolahan data menghasilkan kedalaman yang sesuai dengan data bor, maka nilai kecepatan radar yang digunakan dalam pengolahan data harus sesuai dalam penelitian ini. Kecepatan yang digunakan adalah $90 \text{ m}/\mu\text{s}$. Perpaduan antara data bor dan hasil pengolahan data GPR akan menghasilkan data yang lebih akurat. Hasil interpretasi dari pengolahan data yang diikat dengan data bor terdiri dari Line 1 (Gambar 10), Line 2 (Gambar 11), Line 3 (Gambar 12), Line 4 (Gambar 13), dan perpotongan Line 1, Line 2, Line 3, dan Line 4 (Gambar 14).



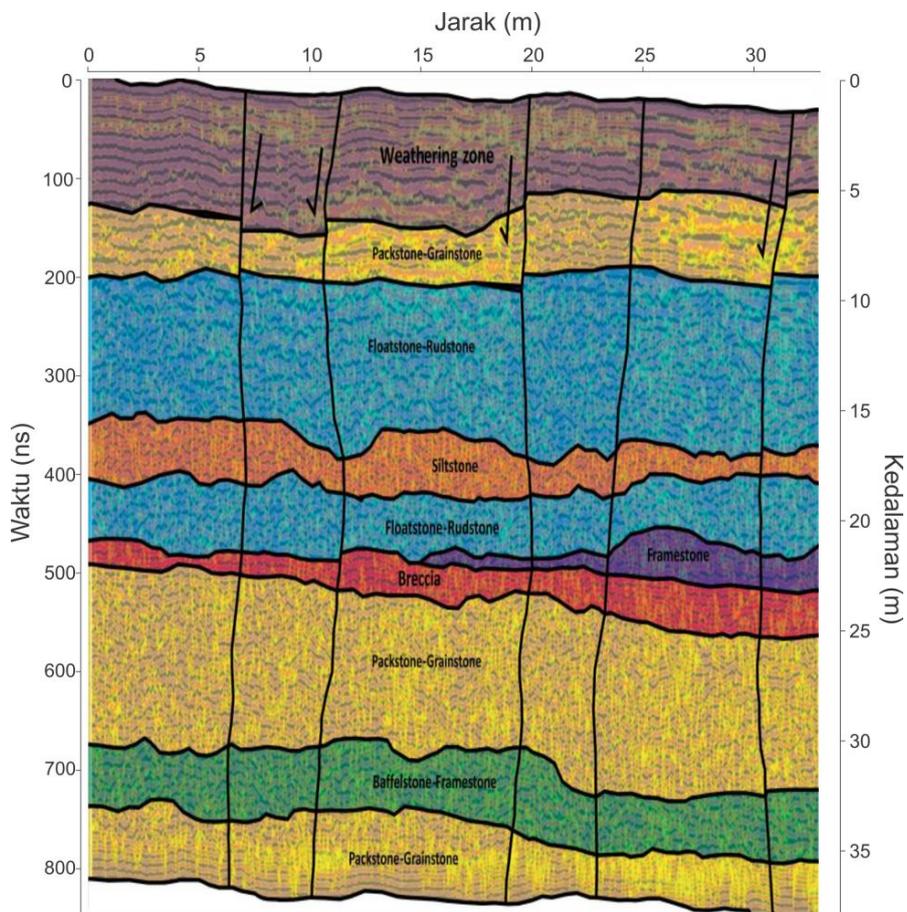
Gambar 10. Hasil interpretasi data lintasan Line 1



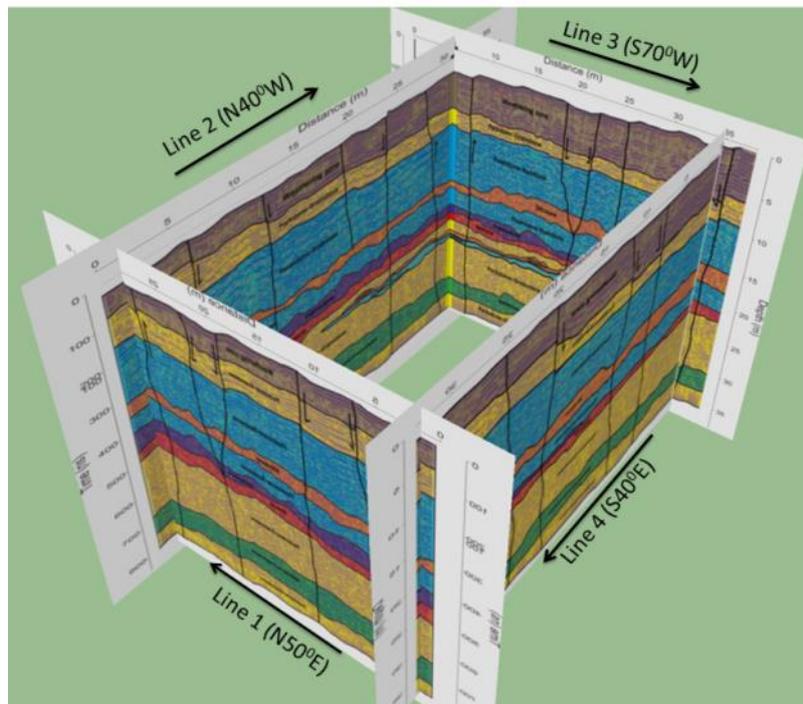
Gambar 11. Hasil interpretasi data lintasan Line 2



Gambar 12. Hasil interpretasi data lintasan Line 3



Gambar 13. Hasil interpretasi data lintasan Line 4



Gambar 14. Interpretasi hasil perpotongan Line 1, Line 2, Line 3, dan Line 4

Fasies karbonat merupakan suatu tubuh batuan karbonat yang memiliki kombinasi ciri atau karakteristik yang khas dari batuan karbonat yang ada di atas, bawah maupun di sekelilingnya. Klasifikasi yang digunakan dalam tulisan ini adalah klasifikasi Dunham (1962) dan klasifikasi Embry-Klovan (1971). Fasies batugamping karbonat di Cikamuning sumur X dari tua ke muda adalah *packstone-grainstone*, *bafflestone-framestone*, *packstone-grainstone*, *floatstone-rudstone*, *packstone-grainstone*, *breccia*, *framestone*, *silstone*, *floatstone-rudstone*, *packstone-grainstone* dengan dominasi fasies adalah *packstone-grainstone* dan *floatstone-rudstone* (Geological Research Group ITB, 2009).

Pada Line 2 dan Line 3 di kedalaman 23 m s.d. 25 m terdapat sisipan *silstone* dan *floatstone-rudstone* dengan ketebalan kurang dari 1 m yang semakin menipis dan menghilang ke arah tenggara. Pada Line 3 dan Line 4 fasies *framestone* semakin menipis dan menghilang ke arah baratdaya. Pada citra georadar terlihat perubahan fasies batugamping Formasi Rajamandala, yang dicirikan oleh adanya

hubungan lateral membaji dengan struktur geologi yang terdapat adanya rekahan, sesar normal dan sesar naik dengan dominasi sesar normal yang terlihat jelas di kedalaman dangkal, sedangkan pada kedalaman yang lebih dalam kurang terlihat adanya sesar.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian pada batugamping Formasi Rajamandala sekitar sumur X daerah Cikamuning maka didapatkan bahwa metode georadar dengan frekuensi 75 MHz cukup baik untuk mendeteksi struktur dan sebaran fasies arah lateral batugamping karena memiliki resolusi vertikal yang mampu mendeteksi lapisan dengan ketebalan minimum 0,3 m. Struktur geologi daerah sekitar sumur X Cikamuning didominasi sesar turun dan batas fasies dicirikan dengan adanya pembajian. Daerah sekitar sumur X Cikamuning adalah *slope* dari terumbu karena didominasi fasies *packstone-grainstone* dan *floatstone-rudstone* dengan arah pengendapan ke arah baratdaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang membantu dalam pengerjaan tulisan mulai dari tahap awal pengerjaan sampai ke tahap publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Annan dan Davis, 1989. *Ground Penetrating Radar, Workshop Notes*, Sensor & Software Inc.
- Baker, G.S., dan Harry, 2007. *Stratigraphic analysis using GPR*. Geological Society of America.
- Baker, P.L., 1991. Response of ground penetrating radar to bounding surfaces and lithofacies variations in sand barrier sequence. *Expl Geophys*, 22,; h. 19-22.
- Dunham, R.J., 1962. *Classification Of carbonate rocks according to depositional textures*. AAPG Memoir No. 1.
- Embry, A.F., dan Klovan, J.E., 1971. Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island. *Canadian Petroleum Geology Bulletin*, 19, h. 730-781.
- Geological Research Group, 2009. *Geology of Rajamandala Complex*. Faculty of Earth Sciences and Technology ITB.
- Nugroho, D., dkk., 2009. Significance of the sedimentology and stratigraphy for the evolution and demise of the oligocene rajamandala limestone, Padalarang, West Java, Indonesia. Indonesian Petroleum Association.
- Sandmeier, K.J., 1998. *ReflexW Version 5 Reference Manual*. [Http://www.sandmeier-eo.de/Reflex/reflexw.html](http://www.sandmeier-eo.de/Reflex/reflexw.html).
- Siregar, S., 2005. *Sedimentasi dan model terumbu Formasi Rajamandala di daerah Padalarang-Jawa Barat*. Riset Geologi dan Pertambangan, Jilid 16 No.1.
- Sudjatmiko, 1972. *Peta Geologi Lembar Cianjur, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Diterima	: 1 September 2016
Direvisi	: 15 Oktober 2016
Disetujui	: 17 November 2016