

IDENTIFIKASI LITOLOGI BAWAH PERMUKAAN DAN PENENTUAN LAPISAN LUNAK DAERAH RAWAN GEMPA DI PELABUHAN RATU DAN SEKITARNYA MENGGUNAKAN METODE *AUDIO-MAGNETOTELLURIK*

Novita Muliani, Eddy Z. Gaffar, Siti Zulaikah, Nugroho Adi Pramono

Jurusan FMIPA Universitas Negeri Malang

Email : novitamuliani22@gmail.com

ABSTRAK

Pelabuhan Ratu merupakan ibukota dari Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Menurut peta kerawanan bahaya gempabumi Kab/Kota Sukabumi merupakan salah satu daerah yang memiliki tingkat kerawanan gempa sangat tinggi yaitu Pelabuhan Ratu. Dengan melihat catatan-catatan gempa yang terjadi di Pelabuhan Ratu (1900), pusat gempabumi yang merusak ini terletak pada lajur sesar aktif Cimandiri. Gempabumi yang bersumber dari sesar aktif di darat sangat berpotensi merusak daerah permukaan yang dekat dengan pemukiman dan aktivitas manusia. Untuk mengetahui litologi bawah permukaan dan penentuan lapisan lunak daerah rawan gempa di Pelabuhan Ratu dan sekitarnya maka dilakukan penelitian menggunakan metode *Audio-Magnetotellurik* (AMT). Pengukuran dilakukan sebanyak 2 lintasan. Lintasan 1 terdapat 20 titik pengukuran dimulai dari jembatan simpang tiga ke arah Bandung sedangkan lintasan 2 terdapat 32 titik pengukuran dimulai dari arah jalan ke Jampang melewati Pelabuhan Ratu dan menerus ke jalan yang arah ke Cibadak. Data pengukuran lapangan yang diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan *software SSMT 2000, MT Editor dan WinGLink*. Data yang sudah diolah lalu diinterpretasikan berdasarkan nilai tahanan jenis masing-masing lapisan batuan. Sehingga dapat diketahui jenis batuan yang terkandung pada lapisan bawah permukaan daerah rawan gempa di daerah Pelabuhan Ratu dan sekitarnya. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, sebagian besar litologi bawah permukaan pada lintasan 1 dan lintasan 2 sama yaitu pada permukaan hingga kedalaman 200 meter terdapat batuan dengan tahanan jenis kecil sekitar 4-10 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan lunak seperti lempung atau batu pasir, selanjutnya pada kedalaman 200 meter sampai 1000 meter terdapat batuan dengan tahanan jenis yang lebih besar berkisar antara 30 sampai 500 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan yang relatif lebih keras seperti batu gamping, konglomerat, breksi dan batu apung. Selanjutnya pada kedalaman 1000 meter sampai 2000 meter terdapat batuan dengan tahanan jenis yang tinggi sampai 1000 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan keras seperti andesit dan basal. Lapisan lunak berada pada lapisan permukaan sampai kedalaman 200 meter yang ditunjukkan dengan nilai tahanan jenis kecil sekitar 4 sampai 10 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan yang belum kompak atau batu pasir yang mengandung air, maka apabila suatu saat terjadi gempa di Pelabuhan Ratu baik itu di darat atau di laut, maka akan menyebabkan kerusakan yang cukup berarti.

Kata Kunci: Litologi, Gempabumi, Pelabuhan Ratu, *Audio-Magnetotellurik*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat aktivitas kegempaan yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh posisi Indonesia yang secara tektonik terletak di pertemuan tektonik lempeng utama di dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik, serta Lempeng Mikro Filipina (Fransiska, N. 2013). Pergerakan lempeng-lempeng tektonik inilah yang menyebabkan terbentuknya jalur gempabumi, rangkaian gunung aktif serta sesar-sesar yang dapat berpotensi menjadi sumber gempa.

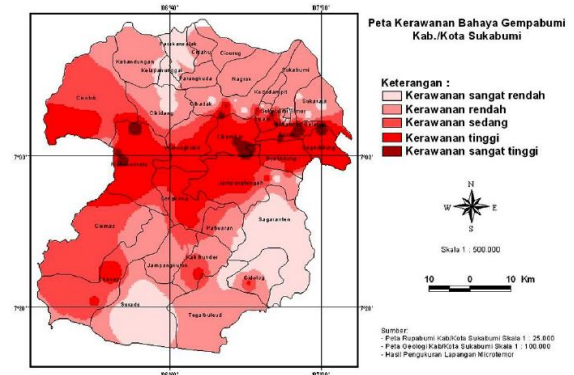
Sejumlah peristiwa bencana gempabumi dengan magnitudo besar akhir-akhir ini sering terjadi di beberapa wilayah Indonesia, seperti gempabumi dan tsunami di Aceh pada tanggal 26 Desember 2004, di Pulau Nias pada tanggal 28 Maret 2005, di Yogyakarta pada tanggal 27 Mei 2006, di Pangandaran pada tanggal 17 Juli 2006, di Tasikmalaya 2 September dan gempabumi Padang 30 September 2009 (Malik, Yakub. 2012).

Jawa Barat termasuk salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki

kerawanan bencana tinggi, kondisi ini dipengaruhi oleh tatanan geologi yang kompleks sehingga rawan dengan bencana geologi gempabumi. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Jawa Barat menyatakan bahwa Jawa Barat menduduki peringkat sepuluh besar daerah rawan bencana nasional. Daerah yang memiliki tingkat kerawanan bencana tersebut yaitu Kabupaten Garut, Kabupaten Tasikmalaya, Kabupaten Sukabumi, Kabupaten Bandung, dan Kabupaten Bogor.

Karakteristik gempabumi di Jawa Barat sebagian besar bukan dari zona subduksi/zona penunjaman, akan tetapi dari patahan/sesar aktif di darat. Gempabumi yang bersumber dari sesar aktif di darat sangat berpotensi merusak meskipun magnetudonya tidak terlalu besar maupun kedalamannya dangkal serta dekat dengan pemukiman dan aktivitas manusia (Malik, Yakub. 2012).

Pelabuhan Ratu merupakan ibukota dari Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Berdasarkan peta kerawanan bahaya gempa bumi Kab/Kota Sukabumi yang di buat oleh Bambang Sunardi pada tahun 2012 seperti pada Gambar 1. menyatakan bahwa Pelabuhan Ratu merupakan salah satu daerah yang memiliki tingkat kerawanan gempa yang sangat tinggi. Dengan melihat catatan-catatan gempa yang terjadi di Pelabuhan Ratu (1900), pusat gempabumi yang merusak ini terletak pada lajur sesar aktif Cimandiri. Pada tahun 2006 telah terjadi kembali beberapa gempa dengan kekuatan sedang di sekitar sesar Cimandiri (Guspudin, Bagus. 2012). Oleh karena itu aktivitas sesar ini perlu diwaspadai seperti halnya gempa Jogja yang tidak diprediksi namun terjadi tiba-tiba.



Gambar 1. Peta Kerawanan Bahaya Gempabumi Kab/Kota Sukabumi (Sunardi, Bambang. 2012)

Litologi bawah permukaan di daerah Pelabuhan Ratu yang dilalui sesar Cimandiri ini sangat penting untuk diketahui karena dapat memberikan informasi tambahan mengenai karakteristik dari sesar Cimandiri yang selama ini belum diketahui sepenuhnya. Dengan mengetahui litologi bawah permukaan di daerah Pelabuhan Ratu ini dapat membantu pemerintah dalam meminimalisir dampak aktivitas gempa yang sering terjadi sehingga proses mitigasi gempabumi dapat dilakukan dengan lebih cepat dan tepat.

Untuk mengetahui litologi bawah permukaan tersebut digunakan salah satu metode geofisika yaitu metode *Audio-Magnetotellurik* (AMT). Metode AMT dilapangan merupakan metode pengukuran pasif berupa pengukuran medan elektromagnetik alam menggunakan alat ukur MT (*Magnetotellurik*). Alat ini merupakan keluaran *Phoenix Model MTU-5A* dengan rentang frekuensi yang bisa ditangkap sekitar 4,2 Hz hingga 17,4 kHz. Dengan frekuensi tersebut, alat ini mampu menjangkau hingga kedalaman kurang lebih 1000 meter, dimana kedalaman tersebut mampu mendeteksi keberadaan lapisan lunak yang dapat merusak permukaan jika terjadi gempa di daerah tersebut.

Prinsip dari metode AMT adalah memanfaatkan arus tellurik berupa gelombang elektromagnetik alami yang ada

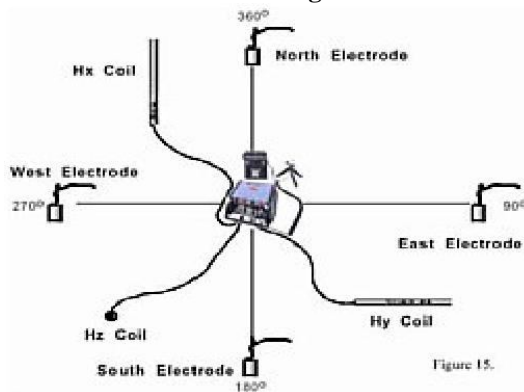
di lapisan atmosfer bumi yaitu lapisan ionosfer yang kemudian berinteraksi dengan medium konduktor bumi. Medium konduktor bumi ini mempunyai nilai tahanan jenis yang bervariasi dimana nilai tahanan jenis yang bervariasi itulah yang nantinya dapat digunakan untuk menggambarkan bagaimana litologi bawah permukaan di daerah rawan gempa.

METODE EKSPERIMEN

Hal yang pertama kali dilakukan dalam penelitian ini yaitu melakukan pengumpulan informasi referensi penelitian dilanjutkan survei daerah yang akan diteliti untuk menentukan titik-titik lintasan dengan mempertimbangkan aspek geologi daerah penelitian kemudian mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan seperti pada gambar 2. Setelah semua alat dan bahan siap kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengukuran dengan menggunakan metode *Audio-Magnetotellurik* (AMT) dengan tatanan seperti pada gambar 3.



Gambar 2. Alat Magnetotellurik



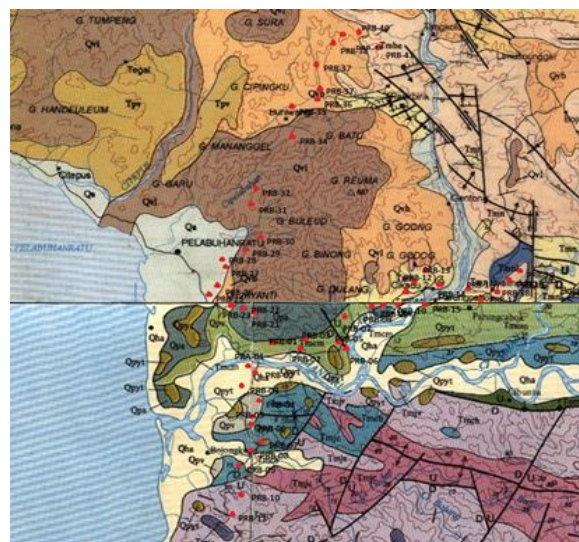
Gambar 3. Tatanan Pengukuran AMT

Data mentah hasil yang pengukuran lapangan berupa data *time series* kemudian diolah menggunakan *software SSMT 2000*, *MT Editor* dan diinversi dalam bentuk 2D menggunakan *software WinGLink* sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi litologi bawah permukaan di daerah Pelabuhan Ratu dan sekitarnya yang rawan terhadap bencana gempa bumi menurut nilai resistivitas yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi litologi bawah permukaan sebagai penentu lapisan lunak daerah rawan gempa di daerah Pelabuhan Ratu ini terdiri dari 2 lintasan, lintasan 1 terdiri dari 20 titik pengamatan sedangkan lintasan 2 terdiri dari 32 titik pengamatan. Pengukuran pada lintasan 1 dimulai dari arah jembatan simpang tiga ke arah Bandung. Untuk lintasan 2 dimulai dari arah jalan ke Jampang melewati Pelabuhan Ratu dan menerus ke arah Cibadak.

Menurut kondisi geologi yang ditinjau dari peta geologi lembar Jampang dan Balekambang serta Bogor, Jawa Barat seperti terlihat pada Gambar 4, daerah titik-titik pengukuran lintasan 1 yang diambil dalam penelitian ini memiliki komposisi batuan seperti berikut



Gambar 4. Titik-Titik Pengukuran

Daerah sekitar titik PRB-01 sampai PRB-10 termasuk kelompok sedimen yaitu formasi cimandiri yang memiliki komposisi utama batu pasir tufa berselingan dengan konglomerat, batu lempung dan batu gamping.

Daerah sekitar titik PRB-11 sampai PRB-17 kecuali PRB-15 termasuk kelompok batuan sedimen yaitu formasi nyalindung yang memiliki komposisi batu pasir glokoniit gampingan berwarna hijau, berlempung, napal, napal pasiran, konglomerat, breksi dan batu gamping.

Daerah sekitar titik PRB-18 sampai PRB-20 termasuk kelompok batuan sedimen yaitu formasi bentang yang memiliki komposisi batu pasir tufan dengan batu apung, lignit, nepal tufan, serpih tufan dan breksi konglomerat gampingan.

Daerah sekitar titik PRB-21 termasuk kelompok gunung api yaitu andesit yang memiliki komposisi andesit horenbenda di sekitar Kampung Pelabuhan Ratu.

Sedangkan untuk komposisi batuan pada lintasan 2 yaitu:

Daerah sekitar titik PRA-01 sampai PRA-03 termasuk kelompok endapan permukaan yaitu aluvium dan endapan pantai yang memiliki komposisi lempung, lanau, pasir, kerikil dan kerakal; terutama endapan sungai termasuk pasir dan kerikil endapan pantai sepanjang teluk Pelabuhan Ratu.

Daerah sekitar titik PRA-04 sampai PRA-06 termasuk kelompok batuan gunung api tua yaitu breksi gunung api yang memiliki komposisi andesit-basal, setempat aglomerat lapuk.

Daerah sekitar titik PRA-07 sampai PRA-10 termasuk kelompok batuan sedimen yaitu anggota Bojong Lapang yang memiliki komposisi batu gamping koral, batu gamping globigerina, batu gamping bioklastika, batugamping pasiran, sebagian

pejal dan sebagian berlapis, dengan sisipan napal, napal pasiran dan batupasir tufaan.

Daerah sekitar titik PRA-11 termasuk kelompok batuan sedimen yaitu formasi Jampang yang memiliki komposisi utama breksi gunung api, berbutir halus hingga sangat kasar, kepingan-kepingan yang terdiri dari andesit peroksen bersifat porfir, beberapa andesit amfibol, dasit dan basal porfir kasar, kelabu, coklat dan hitam, dengan sisipan lava, breksi tufa, tufa lapili dan tufa.

Daerah sekitar titik PRB-22 termasuk kelompok gunung api yaitu andesit yang memiliki komposisi andesit horenbenda di sekitar Kampung Pelabuhan Ratu.

Daerah sekitar titik PRB-23 sampai PRB-28 serta PRB-15 termasuk kelompok endapan permukaan yaitu aluvium dan endapan pantai yang memiliki komposisi lempung, lanau, pasir, kerikil dan kerakal; terutama endapan sungai termasuk pasir dan kerikil endapan pantai sepanjang teluk Pelabuhan Ratu.

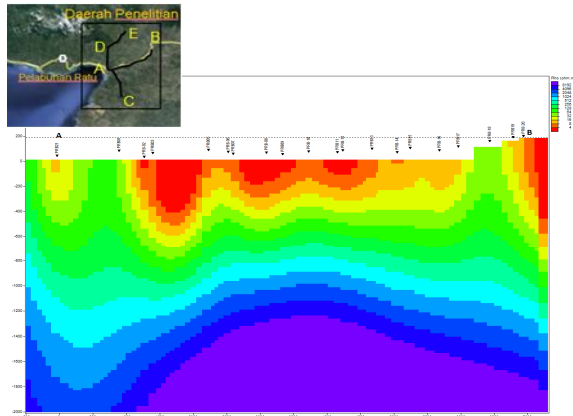
Daerah sekitar titik PRB-29 sampai PRB-34 termasuk kelompok batuan gunung api tua yaitu lava gunung api yang memiliki komposisi aliran lava di daerah Bogor bersusunan dengan labradorit, piroksen dan hornbenda, di daerah Pelabuhan Ratu, bersusunan andesit dengan oligoklasandesit, dan banyak sekali horenbenda.

Daerah sekitar titik PRB-35 sampai PRB-40 termasuk kelompok batuan gunung api tua yaitu breksi gunung api yang memiliki komposisi Breksi lahar, breksi tufa dan tufa.

Daerah sekitar titik PRB-41 termasuk kelompok batuan sedimen yaitu formasi bentang yang memiliki komposisi batu pasir tufan dengan batu apung dan lignit, nepal tufan, serpih tufan dan breksi konglomerat gampingan.

Menurut hasil pengolahan yang dihasilkan dari software WinGLink yang

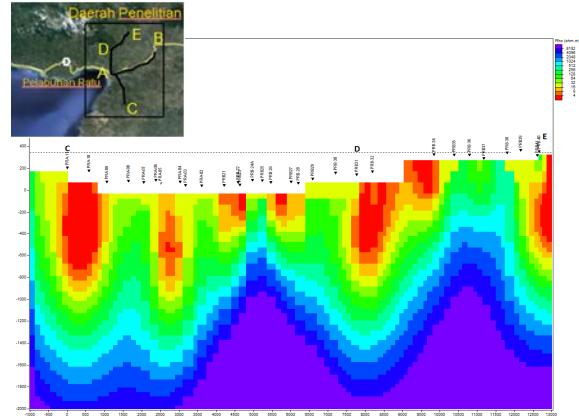
berupa model tahanan jenis 2D lintasan 1 (A-B) mulai jembatan simpang tiga ke arah Bandung dapat dilihat seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Penampang Tahanan Jenis 2D Lintasan 1

Litologi bawah permukaan pada lintasan 1 (A-B) menunjukkan dari permukaan sampai kedalaman sekitar 200 meter sepanjang lintasan terdapat batuan dengan ketahanan jenis kecil sekitar 4 sampai 10 Ohm-m. Dengan melihat nilai dari ketahanan jenis batuan yang relatif kecil ini diinterpretasikan sebagai batuan lunak seperti lempung, kerikil dan kerakal. Untuk kedalaman 200 meter sampai 600 meter terdapat batuan dengan nilai tahanan jenis antara 30 sampai 500 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan pasir yang lebih kering atau padat seperti batu gamping, konglomerat dan batu apung. Selanjutnya 600 meter sampai 2000 meter terdapat batuan dengan nilai tahanan jenis antara 500 sampai 10000 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan keras seperti andesit dan basal.

Untuk hasil akhir model tahanan jenis 2D hasil inversi data *audiomagnetotellurik* lintasan 2 (C-D-E) yang dimulai dari arah jalan ke Jampang melewati Pelabuhan Ratu dan menerus kejalan arah ke Cibadak dengan bantuan *software* WinGLink dapat dilihat seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Penampang Tahanan Jenis 2D Lintasan 2

Hal yang serupa juga terlihat pada lintasan 2. Litologi lapisan batuan pada lintasan 2 terlihat pada permukaan hingga kedalaman 200 meter terdapat batuan dengan tahanan jenis kecil sekitar 4-10 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan lunak seperti lempung, selanjutnya pada kedalaman 200 meter sampai 1000 meter terdapat batuan dengan tahanan jenis yang lebih besar berkisar antara 30 sampai 500 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan yang relatif lebih keras seperti batu gamping, konglomerat, breksi dan batu apung. Selanjutnya pada kedalaman 1000 meter sampai 2000 meter terdapat batuan dengan tahanan jenis yang tinggi sampai 1000 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan keras seperti andesit dan basal.

Dari hasil penampang tahanan jenis 2D pada lintasan 1 dan 2 terlihat bahwa dari permukaan sampai kedalaman 200 meter terdapat batuan dengan nilai tahanan jenis yang relatif rendah sekitar 4 sampai 10 Ohm-m yang diduga sebagai lapisan lunak yang diinterpretasikan sebagai batuan yang belum kompak atau batu pasir yang mengandung air. Hasil dari penelitian ini serupa dengan hasil penelitian lain seperti yang dilakukan oleh Hendra Grandis dan Nugroho D. Hananto tahun 2000 serta Satoru Yamaguchi pada tahun 2010.

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Hendra Grandis dan

Nugroho D. Hananto tahun 2000 tentang citra tahanan jenis daerah vulkanik menggunakan *Audio-Magnetotellurik* menyatakan bahwa anomali konduktif yang memiliki nilai resistivitas kurang dari 10 Ohm-m berada pada kedalaman sampai 600 m. Anomali tahanan jenis rendah ini diduga berhubungan dengan aliran fluida dari produk gunung api yang belum terpadatkan. Sedangkan anomali tahanan jenis tinggi yang memiliki tahanan jenis antara 3000-10000 Ohm-m berada pada kedalaman 150 m hingga 1600 m dari permukaan yang diduga merupakan terobosan andesit atau dasit.

Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Satoru Yamaguchi pada tahun 2010 tentang pencitraan sesar Hijima, barat daya Jepang menggunakan *Audio-Magnetotellurik* menyatakan bahwa lapisan yang konduktif memiliki rentang resistivitas kurang dari 40 Ohm-m yang berada pada kedalaman kurang dari 350 m. Lapisan tersebut ditafsirkan sebagai lempung dan batuan yang mengandung air.

Apabila suatu saat terjadi gempa di Pelabuhan Ratu dengan kondisi lapisan batuan yang belum kompak, maka akan menyebabkan kerusakan permukaan yang cukup berarti dikarenakan kurang kompaknya antar tiap butiran material yang disebabkan oleh gempa maupun guncangan lain pada batuan dengan nilai tahanan jenis rendah. Oleh sebab itu proses mitigasi terhadap ancaman bencana gempabumi sangat penting untuk dilakukan sebelum gempa bumi terjadi.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perolehan data, pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan di daerah Pelabuhan Ratu dan sekitarnya menggunakan metode *Audio-Magnetotellurik*, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Secara garis besar litologi bawah permukaan pada lintasan 1 dan lintasan 2 sama yaitu pada permukaan hingga kedalaman 200 meter terdapat batuan dengan tahanan jenis kecil sekitar 4-10 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan lunak seperti lempung dan kerikil, selanjutnya pada kedalaman 200 meter sampai 1000 meter terdapat batuan dengan tahanan jenis yang lebih besar berkisar antara 30 sampai 500 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan yang relatif lebih keras seperti batu gamping, konglomerat, breksi dan batu apung. Selanjutnya pada kedalaman 1000 meter sampai 2000 meter terdapat batuan dengan tahanan jenis yang tinggi sampai 1000 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan keras seperti andesit dan basal.
2. Lapisan lunak berada pada lapisan permukaan sampai kedalaman 200 meter yang ditunjukkan dengan nilai tahanan jenis yang relatif rendah sekitar 4 sampai 10 Ohm-m yang diinterpretasikan sebagai batuan yang belum kompak atau batu pasir yang mengandung air, maka apabila suatu saat terjadi gempa di Pelabuhan Ratu baik itu di darat atau di laut maka akan menyebabkan kerusakan permukaan yang cukup berarti dikarenakan kurang kompaknya antar tiap butiran material yang disebabkan oleh gempa maupun guncangan lain.

DAFTAR RUJUKAN

- Effendi, A.,C., Kusnama dan Hermanto B., 1998, *Peta Geologi Lembar Bogor Jawa Barat*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Fransiska, N., Setyawan, A., Nurdiyanto, B. 2013. Penentu Prekursor Gempa Bumi Menggunakan Data Magnetotellurik di Daerah

- Pelabuhan Ratu . *Youngster Physics Journal Vol.1, No. 4, Juli 2013: 115-120.*
- Gaffar, Eddy Z. 2013. Penampang Tahanan Jenis Daerah Pelabuhan Ratu Dan Sekitarnya, Jawa Barat Dengan Menggunakan Metoda AMT Untuk Mitigasi Bencana Geologi. *Proceedings HAGI-IAGI Joint Convention Medan.* Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
- Guspudin, Bagus, dkk. 2012. Penampang Sadar Bencana Tsunami Untuk Sekolah Dengan Mengetahui Pola Struktur Yang Terdapat Pada Daerah Pelabuhan Ratu Kabupaten Sukabumi Jawa Barat. *Proceeding PIT Yogyakarta 2012.*
- Grandis, Hendra & Nugroho D. Hananto. 2000. Citra Tahanan Jenis Daerah Vulkanik Bandung Selatan Berdasarkan Data Magnetotellurik Frekuensi Audio (AMT). *Prosiding Himpunan Ahli Geofisika Indonesia: 85-90*
- Kementerian Koordinator Bidang Kesejahteraan Rakyat. Hati-hati Jawa Barat Rawan Bencana. (Online)
<http://www.menkokesra.go.id/>
 diakses 20 April 2014.
- Malik, Yakub. 2012. *Penentuan Tipologi Kawasan Rawan Gempabumi Untuk Mitigasi Bencana di Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung,* (Online), (<http://file.upi.edu/>) diakses 3 Maret 2014.
- Phoenix-Geophysics. 2004. *V5 System 2000 MTU/MTU-A User Guide.* Canada.
- Sunardi, Bambang, dkk. 2012. *Kajian Kerawanan Gempabumi Berbasis Sig Dalam Upaya Mitigasi Bencana Studi Kasus Kabupaten dan Kota Sukabumi,* (Online), (<http://publikasiilmiah.ums.ac.id/>) diakses 3 Maret 2014.
- Sukamto, Rab. 1975. *Peta Geologi Lembar Jampang dan Balekambang, Jawa Barat,* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Telford, W.M. *APPLIED GEOPHYSICS, Second Edition.* Shahrood University.
- Yamaguchi, Satoru. 2010. Audio-Frequency Magnetotelluric Imaging of The Hijima Fault, Yamasaki Fault System, Southwest Japan. *Earth Planets Space, 62. 401-411*