

PEMETAAN KETEBALAN LAPISAN PENUTUP BATU GAMPING BAHAN BAKU SEMEN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI *SCHLUMBERGER*

Setiyawan Adi Saputro¹, Darsono¹, Budi Legowo¹

ABSTRAK. Penelitian geolistrik resistivitas untuk mengetahui struktur bawah permukaan serta kedalaman dari batu gamping di Daerah Paciran Kabupaten Rembang Jawa Tengah telah dilakukan menggunakan konfigurasi *Schlumberger*. Pengambilan data sebanyak sembilan belas titik *sounding* dengan bentangan AB/2 sejauh 150 m. Peralatan yang digunakan diantaranya yaitu seperangkat *resistivitymeter* OYO MODEL 2119C MCOHM-EL. Pertama pengolahan data yaitu menggunakan *software IP2Win* untuk mengetahui kedalaman dan ketebalan lapisan secara vertikal. Kedua, hasil interpretasi VES menjadi masukan *software RockWork 14* dalam membuat *cross section*. Hasilnya menunjukkan terdeteksi 3 lapisan batuan yang diduga sebagai *top soil*, batu gamping dengan kandungan MgO tinggi dan batu gamping dengan kandungan CaO tinggi. Lapisan *top soil* terdeteksi dengan ketebalan antara 0,140–1,53 m. Sedangkan lapisan kedua diduga sebagai lapisan batu gamping dengan kandungan MgO tinggi terdeteksi dengan ketebalan antara 2,16–10,3 m. Dengan demikian, kedalaman lapisan batu gamping dengan CaO tinggi terdeteksi pada kedalaman 2,30–10,3 m. Hal ini menunjukkan pada bagian Timur kedalaman batu gamping dengan kandungan CaO tinggi lebih dalam dibandingkan bagian Barat. Namun kedalaman paling dalam pada bagian Timur Laut dan Tenggara. Pada bagian tengah kedalaman lebih dalam dari yang diperoleh pada bagian Barat pada lokasi penelitian, tapi tidak sedalam pada bagian Timur Laut dan Tenggara.

Kata kunci: Geolistrik, batu gamping, Rembang

PENDAHULUAN

Batu gamping merupakan bahan utama sebagai bahan baku semen. Kandungan utama batu gamping adalah CaCO_3 (Kalsium Karbonat) yang terjadi akibat reaksi kimia dan atau organik (Apriliani, Baqiya, dan Darminto, 2012). Endapan CaCO_3 ini adalah hasil batu gamping yang mengkristal setelah mengalami proses pelarutan. Kalsium Karbonat

dapat ditemukan dalam keadaan murni dan tidak bergantung kepada kandungan mineral pengotornya. Meningkatnya kebutuhan rumah tinggal sebanding dengan meningkatnya kebutuhan semen, yang merupakan material pokok dalam membangun sebuah bangunan. Semen menjadi pengikat material-material lain agar mengeras serta kuat, sehingga bangunan menjadi

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta
Email: setiyawan_as@yahoo.com

kokoh, kuat, dan aman untuk ditempati dan digunakan.

Indonesia memiliki cadangan batu gamping yang melimpah. Salah satu daerah dengan potensi batu gamping melimpah adalah Daerah Paciran Kabupaten Rembang. Potensi batu gamping daerah ini memiliki deposit batuan gamping yang cukup luas. Potensi cebakan tambang yang ada di Kabupaten Rembang terutama bahan tambang untuk industri semen yaitu batu kapur, tras, pasir kuarsa, dan tanah liat. Hasil perkiraan cadangan bahan galian tersebut adalah batu kapur 2.213.500.000 m³ dengan kualitas bagus (CaO>50%), pasir kuarsa dengan kandungan SiO₂>95%, tras memiliki cadangan teraka 45.225.000 m³, dan tanah liat mempunyai potensi 433.025.000 m³. Lokasi cebakan tambang berada pada daerah perbukitan di bagian selatan Rembang (Sucipta, dkk., 2010). Beberapa daerah telah dilakukan penambangan oleh perusahaan swasta maupun BUMN, namun masih terdapat banyak lahan potensi batu kapur yang belum dilakukan penambangan.

Pengusaha penambangan batu gamping mengalami kesulitan dalam eksploitasi lahannya, salah satu kendalanya yaitu kurangnya informasi

yang akurat mengenai kedalaman dari lapisan penutup batu gampingnya. Secara umum pengusaha masih menggunakan *bore* untuk mengetahui kedalaman lapisan penutupnya, namun kendalanya untuk lahan tambang yang luas, akan membutuhkan biaya dan waktu lebih mengingat sebarannya yang harus banyak. Selain itu apabila dilakukan peledakan dengan dinamit, proses perijinan yang melibatkan aparat keamanan serta biaya yang sangat mahal menjadi kendala utama.

Klasifikasi mineral dilakukan atas dasar kandungan kalsit dan dolomit serta material non-karbonat dalam batuan. Jika kandungan kalsit (CaCO₃) dalam batuan dominan, maka dapat dikatakan sebagai batu gamping dan jika kandungan dolomit (MgCO₃) yang paling banyak (>15%) maka batuan tersebut diklasifikasikan sebagai batuan dolomitan (Carr and Rooney, 1990).

Dalam industri semen, batu gamping yang digunakan untuk bahan baku adalah batu gamping dengan kandungan tertentu. Pada umumnya *high-calcium limestone* diperlukan dalam industri semen, meskipun beberapa *calcium-limestone* juga digunakan. *High-calcium limestone* yaitu batu gamping dengan kandungan

kalsium karbonat paling tidak 97% (54,3% CaO), 2% kandungan magnesium karbonat (<0,96% MgO). *Calcium-limestone* memiliki kandungan utama kalsium karbonat namun tidak dapat diklasifikasikan sebagai *high-calcium limestone*, mengandung 10% magnesium karbonat (<4,79%) dan kandungan magnesia biasanya tidak lebih dari 3% (Fischl, 1992). Hal ini sesuai dengan hasil uji laboratorium kandungan batu karbonat yang telah dilakukan pemilik lahan pada tahun 2013 bahwa kandungannya yaitu CaO : 54,87%; MgO : 1,36%; SiO₂ : 0,12%; H₂O : 0,09% (Hasil Uji Sempel, 2013). Sehingga dapat disimpulkan batuan gamping pada lokasi penelian sangat memungkinkan digunakan untuk bahan baku semen.

Dalam survei geofisika, survei batu gamping termasuk dalam *Sub Surface Survey*, dikarenakan batuan yang mudah ditemukan dekat permukaan. Batuan gamping ini mulai dijumpai pada kedalaman dangkal sekitar 15 m (Satuti., Ari., dan Sutarno, 2010) dan terdapat juga singkapan-singkapan batu gamping pada daerah tertentu yang dapat dilihat dengan mata telanjang.

Dalam ilmu geofisika, terdapat metode-metode yang digunakan untuk mengetahui informasi geologi bawah

tanah. Salah satu metode untuk mengidentifikasi lapisan batu gamping adalah metode geolistrik (Hani, 2009). Metode geolistrik resistivitas dapat memetakan sebaran kedalaman batu gamping yang diinginkan sehingga cocok untuk dimanfaatkan dalam meningkatkan hasil eksploitasi pertambangan batu gamping tersebut. Pada lahan-lahan potensi batu gamping umumnya telah dilakukan pengeboran pada lahan yang ingin dilakukan eksploitasi batu gamping. Sehingga diharapkan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas ini dapat menjadi salah satu solusi permasalahan tersebut.

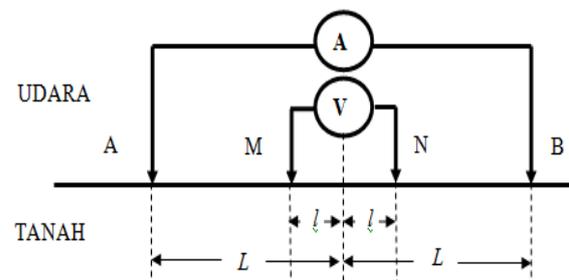
Berdasarkan peta geologi Lembar Rembang (Kadar & Sudijono, 1993) daerah penelitian ini terletak pada Formasi Paciran. Formasi Paciran ini tersusun dari batu gamping masif dengan permukaan berbentuk karena karena pelapukan, umumnya bersifat dolomitan, mengandung koral algae dan foraminifera (terumbu).

METODOLOGI PENELITIAN

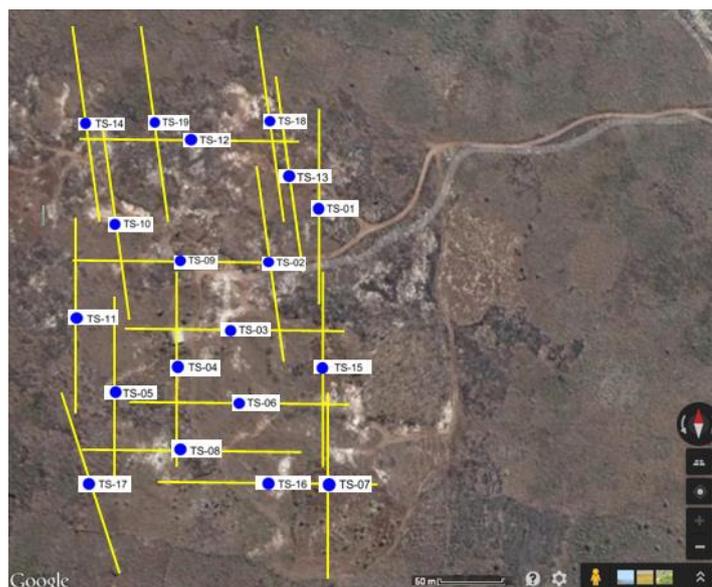
Pengambilan data dilakukan di Rembang dengan metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* dengan panjang lintasan ± 150 m seperti **Gambar 1**. Akusisi pengambilan data diatur dengan jarak elektroda AB/2 atau

L mulai dari 1 m sampai 150 m dan jarak elektroda MN/2 atau l mulai dari 0,5 m sampai 10 m. Banyak pengambilan data adalah 19 titik *Vertical Electrical Sounding* (VES) seperti **Gambar 2**. Peralatan yang digunakan yaitu *Resistivimeter* OYO model 2119C MCOHM-EL, sebagai sumber tegangannya digunakan *Accumulator* 12 V, penghubung instrumen antara *Resistivimeter* dengan elektroda digunakan empat buah rol kabel yang masing-masing

panjang maksimalnya 400 meter dan multimeter digunakan dalam pengecekan apabila terjadi putus tidaknya kabel.



Gambar 1. Susunan Elektroda Konfigurasi *Schlumberger*



Gambar 2 Lintasan 19 VES

Ada empat elektroda yang digunakan, seperti yang ditunjukkan **Gambar 3**. Elektroda-elektroda ini berfungsi sebagai penyalur arus listrik ke dalam bumi sehingga dapat mengukur beda potensial yang timbul. Selanjutnya dapat dihitung nilai resistivitas semuanya

dengan menggunakan rumus pada persamaan 4. Alat yang digunakan untuk menancapkan elektroda ke dalam tanah digunakan palu. *Global Position System* (GPS) digunakan untuk menentukan posisi lintang, bujur serta ketinggian titik *sounding*. Kompas

digunakan sebagai kontrol arah lintasan agar tetap lurus, sedangkan untuk komunikasi operator dengan pengambil data digunakan *Handy Talky* (HT).



Gambar 3. Seperangkat *Resistivimeter*

Saat arus diinjeksikan ke dalam bumi melalui elektroda A dan elektroda B maka akan menimbulkan beda potensial yang ditangkap oleh elektroda potensial M dan N. Besarnya beda potensial yang terjadi antara M dan N karena adanya injeksi arus listrik adalah

$$\Delta V = V_M - V_N \quad (1)$$

$$= \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right] \quad (2)$$

$$\rho = 2\pi \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I} \quad (3)$$

dengan $2\pi \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]^{-1}$ disebut dengan faktor geometri K, sehingga persamaan (3) menjadi :

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (4)$$

(Telford. et al, 1976)

Dengan ρ adalah resistivitas dari material, yang merupakan suatu karakteristik dari material. ρ tidak bergantung dengan bentuk maupun ukuran material. Persamaan (3) dan (4) digunakan untuk menghitung besarnya (ρ) resistivitas pada bumi yang diasumsikan homogen isotropis. Dalam kenyataan yang sebenarnya bumi merupakan material yang berlapis-lapis sehingga besarnya ρ yang diperoleh dari persamaan tadi merupakan resistivitas semu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Batu gamping yang digunakan sebagai bahan baku semen adalah yang memiliki kandungan CaO kurang dari atau sama dengan 54,3% (Fischl,1992). Sedangkan hasil uji laboratorium kandungan batu gamping yang telah dilakukan pemilik lahan tahun 2013 pada kedalaman dibawah 9 m kandungannya yaitu CaO = 54,87%; MgO = 1,36%; SiO₂ = 0,12%; H₂O = 0,09% (Hasil Uji Sempel, 2013). Oleh karena itu, batu gamping dengan kandungan tersebut dapat disebut sebagai lapisan gamping dengan kandungan CaO tinggi.

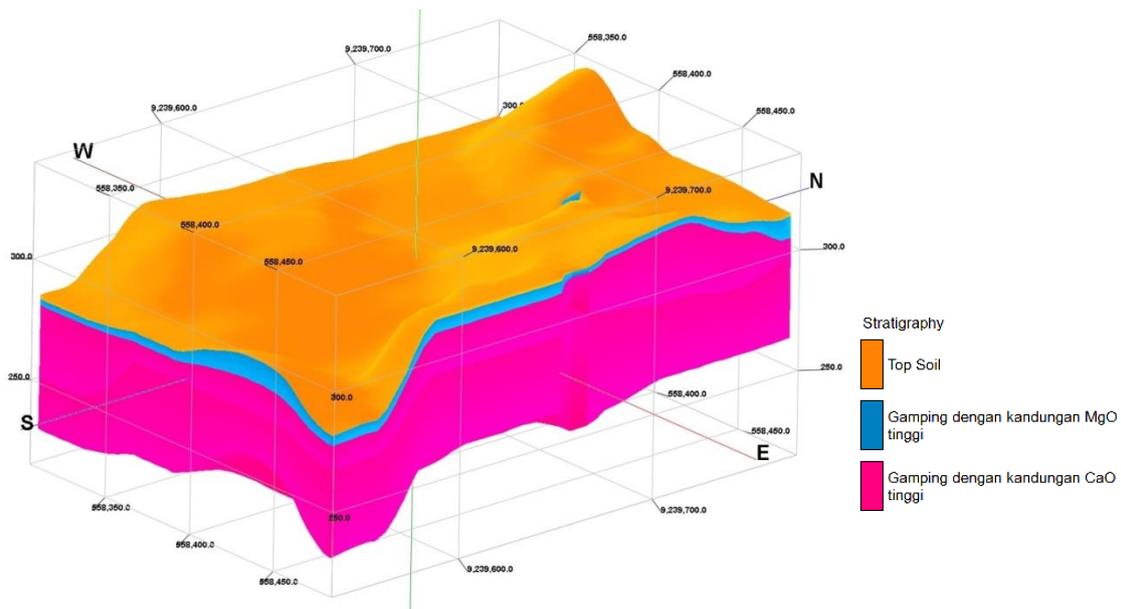
Lapisan gamping dengan kandungan MgO tinggi adalah lapisan batu gamping yang berada di atas batu gamping dengan kandungan CaO tinggi (menutupi lapisan) dan tidak digunakan sebagai bahan baku pembuatan semen. Jadi lapisan gamping dengan kandungan MgO tinggi dan lapisan *top soil* disini sebagai lapisan penutup dari batu gamping tersebut.

Hasil pengolahan menggunakan *software IPI2Win* dari titik *sounding* 1 sampai 19 diperoleh kesimpulan bahwa penyusun lapisan batuan tiap titik *sounding* memiliki karakteristik yang sama. Hal ini merujuk pada peta geologi Lembar Jatirogo (Kadar & Sudijono, 1993) lokasi penelitian terletak pada formasi Paciran. Formasi ini tersusun oleh batuan gamping masif dengan permukaan berbentuk karena pelapukan, umumnya bersifat dolomitan, mengandung koral *algae* dan *foraminifera* (terumbu). Ditemukan lapisan *top soil* pada permukaan dengan ketebalan antara 0,140-1,63 m dengan nilai resistivitas antara 35,7–263 Ωm . Lapisan *top soil* yang tipis ini merupakan karakter dari batuan gamping yang mengandung mineral dolomit (Djuhariningrum & Rusmadi, 2004).

Hasil pengolahan menunjukkan bahwa lapisan batuan dibawah *top soil* masuk dalam *range* resistivitas batuan gamping. Menurut Telford (1976), nilai resistivitas batuan gamping pada keadaan batuan adalah $50,0-10^7 \Omega\text{m}$. Oleh karena itu hasil pengolahan data menunjukkan dibawah *top soil*, batuan gamping yang memiliki nilai resistivitas yang sangat tinggi yaitu antara $2,21 \times 10^4-6,30 \times 10^5 \Omega\text{m}$ dan diduga sebagai lapisan di bawah *top soil* ini merupakan lapisan gamping dengan kandungan MgO tinggi. *Top soil* dan lapisan batuan gamping inilah lapisan penutup batu gamping. Sedangkan di bawah lapisan penutup diduga terdapat gamping dengan kandungan CaO tinggi dengan nilai resistivitas $53,0-1,05 \times 10^4 \Omega\text{m}$. Nilai resistivitas ini dipengaruhi kadar air pada batuan serta telah mengalami proses karsifikasi dengan baik.

Dalam pembuatan permodelan 3-D digunakan *software RockWork 14*. Di asumsikan bahwa hasil VES sebagai *borehole* yang menjadi masukan untuk *RockWork 14*. Pembuatan permodelan 3-D ditujukan untuk mengetahui pemetaan kedalaman lapisan penutup batu gamping pada lokasi penelitian baik secara vertikal maupun secara horisontal. Pemetaan yang diperoleh

merupakan hasil interpolasi dari seluruh titik *sounding* yang tersebar.



Gambar 4 Permodelan 3-D

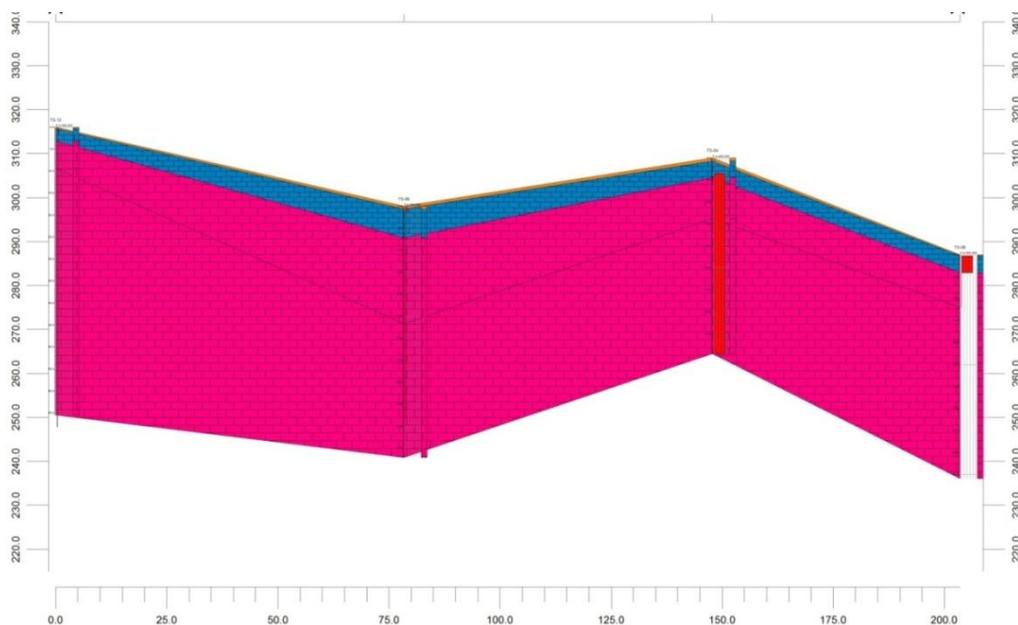
Permodelan 3-D pada **Gambar 4**, ditemukan lapisan *top soil* tipis pada permukaan dengan ketebalan tidak lebih dari 0,140-1,63 m. Kemudian gamping dengan kandungan MgO tinggi pada lapisan ke dua. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan Tyas Djuhariningrum (2004), yakni apabila batu gamping banyak mengandung mineral dolomit, umumnya lapisan *soil* tipis karena dolomit lebih resisten dibandingkan kalsit. Ketebalan lapisan gamping dengan kandungan MgO tinggi berbeda-beda pada tiap titik *sounding* dengan ketebalan antara 2,16–10,3 m. Penyusun lapisan batuan ke tiga dan ke empat di bawah gamping dengan kandungan MgO tinggi yakni gamping dengan kandungan CaO tinggi.

Gamping ini memiliki struktur yang kurang masif jika dibandingkan gamping lapisan ke dua. Ketebalan total kedua lapisan batuan ini antara 31,3–64,7 m. Perbedaan lapisan batuan ke tiga dan ke empat adalah nilai resistivitasnya. Diduga hal ini terjadi karena pengaruh dari ada tidaknya proses karsifikasi pada lapisan gamping dengan kandungan CaO tinggi tersebut. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa pada bagian Timur kedalaman batu gamping dengan kandungan CaO tinggi yang dapat diperoleh lebih dalam bila dibandingkan bagian Barat. Kemudian membentang di sisi Timur lapisan batu gamping ini tidak begitu dalam pada tengah, namun paling dalam pada bagian Timur Laut (pojok Utara bagian

sisi Timur) dan Tenggara (pojok Selatan bagian sisi Timur).

Berdasarkan hasil *cross section* pada tengah lokasi penelitian, Gambar 5, kedalaman gamping dengan kandungan CaO tinggi lebih dalam dari bagian Barat, namun tidak lebih dalam dari bagian Timur. Jadi untuk mendapatkan lapisan batu gamping

dengan kandungan CaO tinggi paling dalam yaitu pada daerah Timur Laut dan Tenggara dari lokasi penelitian. Berdasarkan asumsi bahwa nilai berat jenis rata-rata batu gamping 2,5 gram/cm³ (Ehinola, 2012) maka volume untuk lapisan gamping dengan kandungan CaO tinggi yaitu 2.963.679 m³.



Gambar 5 Cross Section daerah tengah pada arah Utara-Selatan

KESIMPULAN

Ketebalan lapisan penutup berupa *top soil* di bagian Utara membentang Barat ke Timur adalah 0,140–1,53 m dan di daerah Selatan membentang dari Barat ke Timur adalah 0,234 - 1,63 m.

Lapisan kedua berupa gamping dengan kandungan MgO tinggi di daerah Utara lebih tebal dari Selatan dengan ketebalan antara 2,79–6,55 m

dan di daerah Timur lebih tebal dari daerah Barat dengan ketebalan antara 3,15–5,37 m.

Kedalaman lapisan batu gamping dengan CaO tinggi terdeteksi pada kedalaman ini 2,30–10,3 m.

Hasil permodelan menunjukkan pada bagian Timur kedalaman batu gamping dengan kandungan CaO tinggi lebih dalam dibandingkan bagian Barat. Namun kedalaman paling dalam

pada bagian Timur Laut dan Tenggara. Pada bagian tengah, kedalaman batu gamping dengan kandungan CaO tinggi lebih dalam dari yang diperoleh pada bagian Barat pada lokasi penelitian, tapi tidak sedalam pada bagian Timur Laut dan Tenggara.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliani, N. F., Baqiya, M. A. dan Darminto. (2012). Pengaruh Penambahan Larutan $MgCl_2$ pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat Berbahan Dasar Batu Kapur dengan Metode Karbonasi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1,B30-B34.
- Carr, D. D and Rooney, L.F.F. (1990). *Limestone and Dolomit. Industrial Minerals*.
- Ehinola.,Oluwajana., dan Nwabueze. (2012). Depositional Environment, Geophysical Mapping And Reserve Estimation Of Limestone Deposit In Arimogija-Okeluse Area, South-Western Nigeria. *Reserch Journal in Engineering and Applied Science*, 1(1), pp. 7 - 11.
- Fischl, P. (1992). *Limestone and Dolomite Resources in British Columbia*. Victoria British Columbia, Canada.
- Hani. (2009). Analisis Pendugaan Potensi Akifer Dengan Metode Geolistrik Resistivitas Sounding Dan Mapping Di Kawasan Karst Kecamatan Giritontro Kabupaten Wonogiri. *Thesis, UNS*
- Hasil Uji Sempel. (2013). *Chemical Laboratory Test Report*. Cilegon-Indonesia: PT. KRAKATAU STEEL Chemical Laboratory
- Kadar, D. & Sudijono. (1993). *Geologi Lembar Rembang Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Satuti., Ari., dan Sutarno. (2010). Metode Geolistrik Imaging Konfigurasi Dipole-Dipole Digunakan Untuk Penelusuran Sistem Sungai Bawah Tanah Pada Kawasan Karst di Pacitan, Jawa Timur. *Jurnal Ekosains*, Vol. II. No. 1, pp. 46-54.
- Situmorang, R. L.. (1992), *Peta Geologi Lembar Jatirogo - Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung : Dept. ESDM.
- Sucipta., Setiawan, B., Suganda, D., dan Purnomo, A. S. (2010). Pemilihan Tapak Potensial untuk Penyimpanan Lestari Limbah Radioaktif di Pulau Jawa dan Sekitarnya. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah IX Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*. 233-250.
- Telford, M.W., Geldart, L.P., Sheriff, R.E, and Keys, D.A. (1976). *Applied geophysics*. Cambridge University Press, New York.

