

Identifikasi Lapisan Akuifer Berdasarkan Data Resistivitas 2D Di Lhokseumawe Aceh-Indonesia

Identification of Aquifer Layer Based on 2D Resistivity Data in Lhokseumawe Aceh-Indonesia

Zul Fadhli^{1*}, Muhammad Syukri², Marwan^{1,2}

¹Program Studi Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Indonesia

²Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala Indonesia

Received September, 2019, Accepted September, 2019

DOI: 10.24815/jacps.v8i3.14518

Penelitian untuk mengidentifikasi keberadaan air tanah dan kedalaman akuifer telah dilakukan di wilayah KEK Arun Lhokseumawe Provinsi Aceh dengan kondisi geologi daerah penelitian adalah batuan lanauan dan batuan lempung serta geomorfologinya berupa perkebunan dan sungai buatan. Penelitian ini mengaplikasikan metode geolistrik resistivitas 2D dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Akuisisi data di lapangan menggunakan alat SuperSting R8 yang keseluruhannya mempunyai 4 lintasan pengukuran dengan lintasan 1 dan 2 memotong lintasan 3 dan 4, panjang masing-masing lintasan pengukuran tersebut adalah 400 m. Pemrosesan data Hasil akuisisi di lapangan menggunakan software Res2dinv untuk menampilkan model 2D bawah permukaan di lokasi penelitian. Hasil interpretasi menunjukkan lintasan L1 pada kedalaman sampai dengan 70 m terdapat lempung berpasir, lanauan dan gravel. Terdapatnya pengaruh instruksi air laut pada kedalaman 25 m yang ditandai dengan nilai resistivitas $<1 \Omega m$. Lapisan akuifer diidentifikasi pada jarak bentangan 100 - 200 m dan pada kedalaman 60 m dengan nilai resistivitas $30 \Omega m$. Penampang lintasan 3 dan 4 tidak menunjukkan adanya lapisan akuifer yang layak untuk dieksploitasi pada lintasan tersebut. Interpretasi lintasan L4 menunjukkan adanya intrusi air laut yang besar pada lapisan pertama. Terdapat 3 lapisan yang kontras yaitu lapisan lempung berpasir, gravel/lempung lanauan dan batuan dasar. Lapisan akuifer pada lintasan 4 diinterpretasikan berada pada kedalaman 70 m dengan nilai resistivitas $30 \Omega m$. Rekomendasi yang paling layak untuk lokasi pengeboran yaitu pada lintasan 4 pada jarak bentangan 180 m dengan jenis akuifer tertekan.

The research to identified ground water and depth of aquifer was conducted in KEK Arun Lhokseumawe Aceh Province. The geology contained siltstone and clay with geomorphology area are plantation and artificial river. The 2D resistivity acquisition was using Supersting R8 equipment with Wenner-Schlumberger array. There are 4 survey lines that conducted in the area where line 1 and 2 were crossed with line 3 and 4. The length of each line is 400 m respectively. The data processing was using Res2dinv software to shows 2D subsurface model. The result shown that line 1 is sandy clay, siltstone and gravel at depths up to 70 m. It was influenced by sea water at depth 25 m with resistivity value of $<1 \Omega m$. The aquifer layer was identified at depth 60 m with resistivity value of $30 \Omega m$. However, line 3 and 4 were presented that the area surveys are suitable for exploration which have not indicate the existence of an aquifer layer. In the last line, it shown sea water intrusion at the first layer. There are 3 layers that contained in line 4 which is clayey sand, gravel and bedrock. The aquifer layer at Line 4 was interpreted at depth 70 m with resistivity value of $30 \Omega m$. The most feasible recommendation for a drilling location is on Line L4 at a distance of 180 m with a confined aquifer type.

Keywords: Aquifer, Resistivity, Lhokseumawe, ground water, sand

Pendahuluan

Air merupakan salah satu kebutuhan yang paling mendasar bagi manusia. Untuk persentase, hanya 3% saja yang digunakan oleh manusia untuk menunjang kehidupan, selebihnya terdapat dilaut (Shiklomanov, 1993). Kebutuhan air tersebut terus meningkat sesuai dengan berkembangnya suatu daerah dan penambahan jumlah penduduk. Maka penelitian tentang sumber daya air tanah perlu dilakukan secara berkelanjutan. Keberadaan air tanah tersebut harus dijaga kualitas dan kuantitasnya, karena kesalahan eksploitasi/pengeboran air tanah bisa berakibat fatal bagi lingkungan, struktur tanah dan keberadaan air tanah tersebut. (Sudarto, 2015) menyebutkan terjadi penurunan muka air tanah di wilayah Klaten Jawa Tengah sebesar 2,05 - 7,88 m akibat dari pemompaan besar-besaran untuk mengatasi kekeringan. Ketersediaan air tanah tergantung pada situasi hidrogeologis. Akuifer berpasir dalam umumnya hanya ada di cekungan sedimen. Dengan demikian, Pulau Sumatera adalah salah satu cekungan air tanah yang cukup produktif.

Akuifer merupakan lapisan bawah permukaan yang terdiri dari batuan berpori, seperti pasir, kerikil, batu kapur dan granit yang dapat mentransmisikan air ke sumur atau mata air (Ferris Dkk, 1962). Akuifer tersebut berfungsi sebagai lapisan *pembawa* air dan bukan sebagai "danau bawah tanah". Air yang terbawa dalam akuifer tersebut berasal dari proses resapan dari permukaan bumi, tetapi pada kasus akuifer tertekan, air tersebut sering disebut air fosil, yang mana air tersebut hampir tidak ada kontak dengan lapisan penutup yang ada di atasnya. Air yang terdapat/terbawa di akuifer disebut sebagai air tanah (Dillon, 2005). Terdapat tiga jenis akuifer secara umum, yaitu akuifer bebas, akuifer tertekan dan akuifer semi tertekan. Dari ketiga jenis akuifer tersebut, akuifer dengan jenis tertekan paling dicari untuk di eksploitasi, karena jenis ini mempunyai tekanan air dan ketersediaan air yang lebih besar (Kodoatie, 1996).

Keberadaan air tanah (cekungan air tanah) di Indonesia relatif merata (Peraturan Presiden, 2008) setiap Pulau, termasuk Provinsi Aceh di ujung Sumatra. Berdasarkan peta CAT tersebut, wilayah Utara dan Timur Aceh memiliki sebaran CAT yang relatif besar, meliputi Aceh Utara dan Lhokseumawe. Lhokseumawe sendiri adalah Kawasan industri yang sangat aktif dan mempunyai beberapa pabrik dan perusahaan-perusahaan besar yang membutuhkan pasokan air yang besar. Seiring di berlakukannya

Kawasan Ekonomi Eksklusif (KEK) Arun, maka akan bertambah beberapa pabrik yang akan membuat pasokan air dari pemerintah (PDAM Tirta Mon Pasee) sulit terpenuhi, karena pasokan tersebut lebih diutamakan ke penduduk. Maka, penelitian di Kawasan industri tersebut harus dilakukan untuk melihat karakteristik akuifer dan keberadaan akuifer tersebut. Penelitian ini berlokasi di Desa Meuria Paloh Lhokseumawe yang hasilnya untuk pemenuhan kebutuhan air untuk Pembangkit Listrik.

Morfologi daerah Lhokseumawe secara umum dapat dibedakan kedalam daerah yaitu daratan, cekungan dan perbukitan. Setiap daerah tersebut mempunyai formasi batuan yang berbeda. Di daerah penelitian yaitu didaerah Krueng Geukueh, Kawasan ini didapati jenis batuan lanauan dan lempung (Keats dkk, 1981). Sungai utama di Lhokseumawe adalah sungai Krueng Buloh yang bermuara ke sungai Krueng Geukueh yang melewati Kecamatan Kota Makmur dan Kecamatan Dewantara.

Struktur geologi di Lhokseumawe berupa struktur lipatan dan sesar dengan pola lipatan berarah tenggara-Barat Laut dan pola sesar umumnya berarah Barat daya – Timur laut. Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa Kawasan akuifer di Lhokseumawe tersusun oleh Kerikil, Pasir dan endapan. Zona akuifer tersebut terdapat di wilayah Buluh Blang ara, Kota Makmur, Kecamatan Dewantara dan Muara dua. Formasi akuifer yang paling produktif adalah formasi Juluraya dan formasi Seureula (Sudarsono, 2007).

Pengeboran air tanah harus memiliki data yang akurat, seperti kedalaman dan ketebalan akuifer. Pendugaan keberadaan akuifer dapat dilakukan dengan mengaplikasikan metode-metode geofisika. Metode geofisika yang paling efektif digunakan dalam pencarian akuifer adalah metode geolistrik resistivitas. Metode ini memanfaatkan arus listrik untuk mengetahui lapisan-lapisan bawah permukaan.

Metodelogi Penelitian

Metode resistivitas merupakan metode geofisika yang menghasilkan data bawah permukaan untuk menggambarkan struktur bawah permukaan dengan mengukur sifat kelistrikan batuan. Metode resistivitas 2D dapat menyelidiki variasi tahanan jenis kearah lateral dan vertikal. Oleh sebab itu dapat digunakan untuk mengetahui zona-zona yang mengandung air tanah, rongga-rongga maupun jenis batuan yang terdapat di bawah permukaan. Konsep kerja metode ini adalah merekam perubahan tahanan jenis lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara

mengalirkan arus listrik yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan elektroda yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Untuk penetrasi, semakin jarak antar elektroda yang diaplikasikan, semakin dalam penetrasi yang didapatkan (Sharma, dkk, 2005). Pada geolistrik resistivitas, yang diperoleh bukan resistivitas yang sebenarnya melainkan resistivitas semu (ρ_a), resistivitas semu dirumuskan dengan:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Dimana K merupakan faktor geometri, ΔV merupakan beda potensial dan I merupakan kuat arus (Telford dkk, 1990). Pada kenyataannya, bumi merupakan medium berlapis dengan masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas yang berbeda. Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Dalam pengukuran geolistrik, medium ini dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang memiliki satu nilai resistivitas yaitu resistivitas semu (ρ_a). Konduktansi lapisan fiktif sama dengan jumlah konduktansi masing-masing lapisan yaitu $\rho_a = \rho_1 + \rho_2$ (Indriana, R.D., dan Danusaputro, H., 2006).

Resistivitas batuan yang mengandung air secara umum tergantung pada banyaknya parameter fisik seperti porositas, salinitas, temperatur, konduktivitas batuan dan perubahan termal. Pada satu sisi porositas dan saturasi dari fluida cenderung dominan terhadap pengukuran resistivitas, di sisi lain pori patahan pada kristal batuan juga dapat menurunkan harga resistivitas yang terdapat di dalam fluida. Adapun beberapa nilai resistivitas untuk jenis-jenis material dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai resistivitas setiap jenis material

Batuan	Resistivitas (Ωm)
Batu pasir	1 -7.4x10 ⁸
Lempung	1 -100
Air	10-100
Tanah	10-150
Gravel	10-1400
Aluvium	10-800

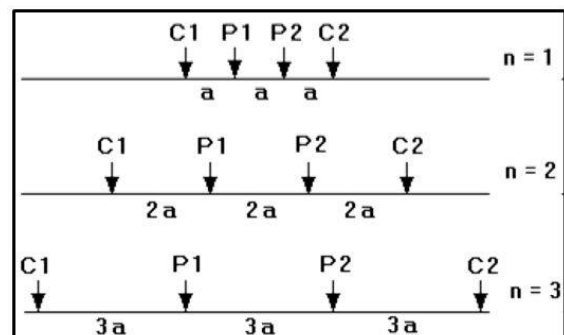
Sumber: Reynolds, 2011.

Terdapat beberapa konfigurasi dalam pelaksanaan pengukuran menggunakan metode resistivitas, seperti: Wenner, Wenner-Schlumberger, Pole-dipole, schlumberger, dan lain lain. Namun, pada penelitian ini menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger.

Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan suatu teknik gabungan antara *Wenner* dan *Schlumberger*, dimana akan menyebabkan perubahan pada nilai faktor geometri k , faktor k adalah (Griffiths dkk, 1990).

$$k = \pi n(n+1)a \quad (2)$$

Konfigurasi ini jarak antar elektroda $P1-P2$ adalah a dan spasi antara $C1-P1=P2-C2$ adalah na , Konfigurasi ini memiliki kelebihan cakupan secara horizontal yang baik, oleh sebab itu sangat baik untuk survey kedalaman air tanah. Gambar 1 menunjukkan pola susunan elektroda dan perubahan terhadap n .



Gambar 1 Susunan dan Perpindahan elektroda pada konfigurasi Wenner-Schlumberger.

Penelitian ini dilaksanakan di lingkungan KEK Arun Lhokseumawe yang terletak pada koordinat 5°12'50.90"N 97° 5'4.51"E dan 5°12'49.71"N 97° 5'15.42"E. Secara geomorfologi, Kawasan penelitian terletak pada Kawasan tambak, perkebunan dan sungai buatan. Terdapat 4 lintasan pengukuran dengan masing-masing Panjang setiap lintasan adalah 400 m dengan spasi elektroda 6 m, yang mana lintasan 1 dan 2 memotong lintasan 3 dan 4.



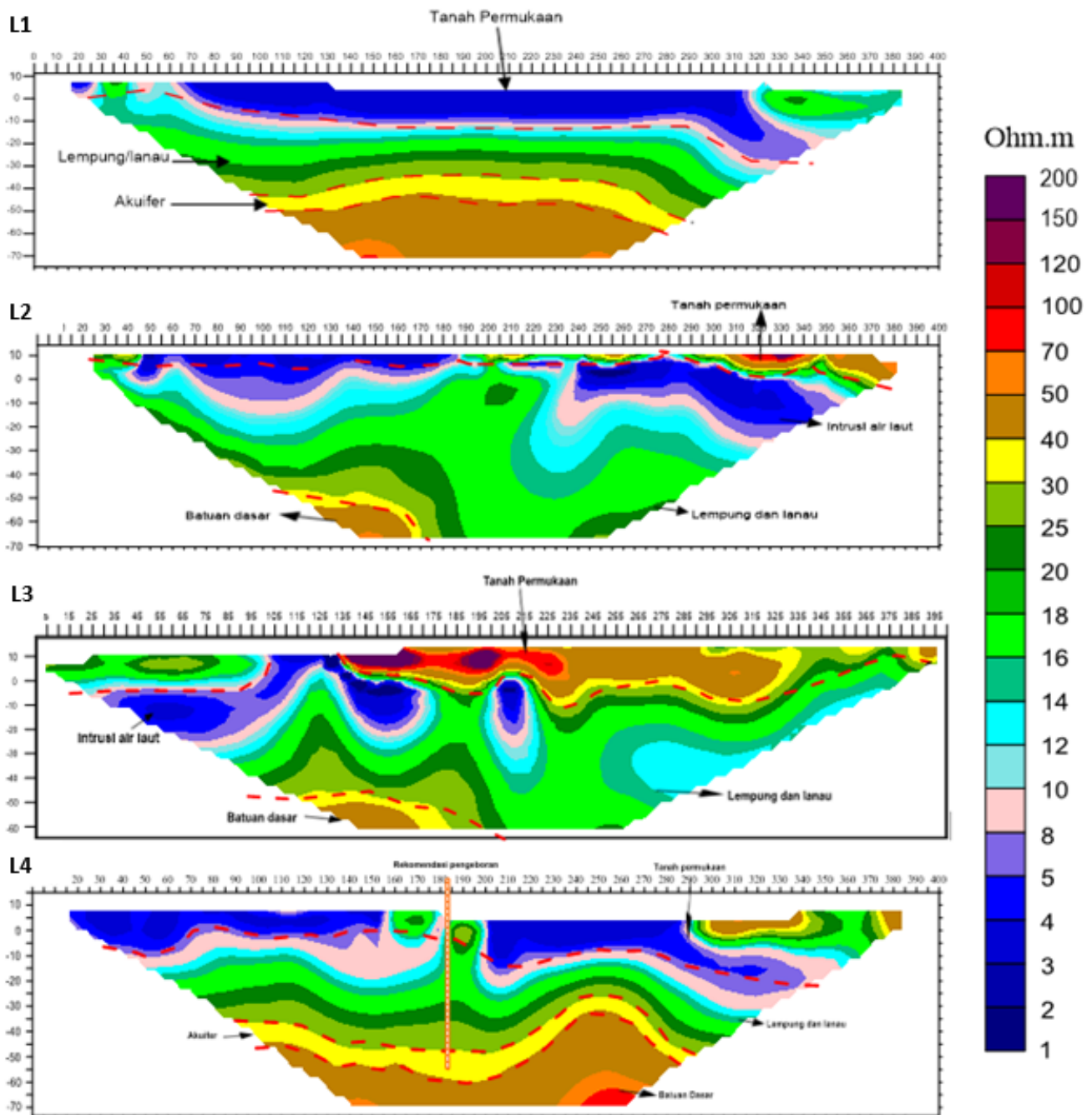
Gambar 2 Lokasi dan lintasan pengukuran

Peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah Super Sting dengan 8 Channel, dimana alat tersebut akan memperoleh 8 datum point sekaligus untuk sekali penginjeksian arus. Adapun beberapa peralatan pendukung lainnya seperti Switch box, elektroda, kabel-kabel, baterai 12 V, GPS, computer, dan software Res2dinv untuk pemrosesan data. Pengolahan data geolistrik pada penelitian ini menggunakan software Res2Dinv. Software ini melakukan pengolahan data geolistrik untuk mendapatkan penampang geolistrik 2D. Penampang geolistrik 2D tersebut akan menunjukkan

kondisi bawah permukaan lintasan yang di ukur dan akan diketahui struktur lapisan batuan bawah permukaan.

Hasil Penelitian

Hasil penelitian setiap lintasan di tampilkan pada Gambar 3 dengan panjang setiap lintasan 400 m. Berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh, lintasan L1 menunjukkan bahwa lokasi penelitian secara umum terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan lempung berpasir hingga kedalaman 20 m dan gravel/lempung lanauan dari variasi kedalaman 20 - 70 M.



Gambar 3: Penampang resistivitas hasil pengukuran L1, L2, L3 dan L4

Pada Lintasan L1 didapat nilai resistivitas yang rendah (sangat konduktif) $<1 \Omega\text{m}$ pada lapisan pertama yang menandakan adanya pengaruh dari intrusi air laut. Berdasarkan penampang resistivitas 2D, Lapisan akuifer pada lintasan ini diprediksikan berada pada kedalaman 60 m pada jarak lintasan 100-200 m dengan nilai resistivitas $30 \Omega\text{m}$. Lintasan L2 adalah lintasan yang berarah Barat – Timur dan terletak pada koordinat awal $5^{\circ}12'48.66''\text{N}$ $97^{\circ}5'2.70''\text{E}$ dan titik koordinat akhirnya $5^{\circ}12'47.60''\text{N}$ $97^{\circ}5'13.50''\text{E}$. Berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh, terdapat lapisan yang dominan yang terdiri dari lempung pasir berlumpur hingga kedalaman 30 m. Akan tetapi pada Lintasan ini didapat anomali yang sangat kontras dan diduga sebagai batuan yang keras (*Bedrock*) dimana ditunjukkan oleh nilai resistivitas yang tinggi. Berdasarkan data yang diperoleh, tidak terdapat akuifer yang layak untuk di eksploitasi di lintasan ini. Nilai resistivitas pada Lintasan 3 menunjukkan secara umum lintasan ini terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan lempung berpasir hingga kedalaman 30 m dan gravel/lempung lanauan dari variasi kedalaman 30 - 70 m. Lintasan ini dikategorikan kedalam lintasan yang resistif yang ditandai dengan lapisan kedua dan ketiga mempunyai nilai resistivitas yang relatif tinggi yaitu $>50 \Omega\text{m}$. Lapisan ketiga mempunyai nilai resistivitas $>60 \Omega\text{m}$ diinterpretasikan sebagai *bedrock*. Sama dengan lintasan ketiga, tidak terdapat lapisan akuifer pada lintasan ini.

Nilai resistivitas pada penampang Lintasan L4 menunjukkan lokasi penelitian terintrusi air laut yang besar, ini terjadi karena lokasi berdekatan dengan tambak dan sungai, bahkan lintasan tersebut memotong area tambak masyarakat. Terdapat 3 lapisan yang kontras pada lintasan ini, yaitu lapisan lempung berpasir, gravel/lempung lanauan dan lapisan batuan dasar. Berdasarkan penampang 2D resistivitas, lapisan akuifer pada lintasan 4 berada pada kedalaman 70 m sepanjang lintasan pengukuran yang ditandai dengan nilai resistivitas $30 \Omega\text{m}$.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data, di lokasi penelitian terdapat beberapa titik yang dapat dijadikan sebagai rujukan untuk melakukan pengoboran pengambilan air tanah (*ground water*), yang mana pada lintasan pertama terdapat pada kedalaman 60 m pada jarak lintasan 100 - 200 m dan

pada lintasan empat berada pada kedalaman 70 m. Rekomendasi yang paling layak untuk lokasi pengeboran adalah pada lintasan 4 pada jarak bentangan 180 m dengan jenis akuifer tertekan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada para peneliti yang terlibat dan laboran program studi Teknik Geofisika Jurusan Teknik Kebumihan Fakultas Teknik Unsyiah.

Daftar Pustaka

- de Ruiter, P.A.C., 2016. *Het mijnwezen in Nederlands-Oost-Indië 1850-1950*. Utrecht University.
- Dillon, P., 2005. *Future management of aquifer recharge*. Hydrogeology journal, 13(1), pp.313-316.
- Ferris, J.G., Knowles, D.B., Brown, R.H. and Stallman, R.W., 1962. *Theory of aquifer tests* (pp. 69-174). Denver, Colorado: US Geological Survey.
- Griffiths, D.H., Turnbull, J. and Olayinka, A.I., 1990. *Two-dimensional resistivity mapping with a computer-controlled array. First break*, 8(4), pp.121-129.
- Indriana, R. D. & H. Danusaputro. 2006 *Uji Nilai Tahanan Jenis Polutan Air Laut Dengan Metode Ohmik Dan Geolistrik Tahanan Jenis Skala Laboratorium*. Berkala Fisika, 9(3):145-149.
- Keats. W., Cameron, N.R., Djunudin. A., Gahzali. S.A., Harahap, H., Kartawa, W., Hgabito. H., Ngabito. H., Rock. NMS., Thompson. S.J., dan Whandoyo. R., 1981. *Peta geologi lembar Lhokseumawe Sumatra (Geologic map of the Lhokseumawe quadrangle, Sumatra)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Kodoatie, R.J., 1996. *Pengantar Hidrogeologi*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia, 2008, PP No. 43/2008, 23 mei 2008.
- Reynolds, J.M., 2011. *An introduction to applied and environmental geophysics*. John Wiley & Sons.
- Sharma, S.P. and Baranwal, V.C., 2005. *Delineation of groundwater-bearing fracture zones in a hard rock area integrating very low frequency electromagnetic and resistivity*

- data. *Journal of Applied geophysics*, 57(2), pp.155-166.
- Shiklomanov, I.A., 1993. *World fresh water resources*. In: Gleick, P.H. (Ed.), *Water in Crisis*. New York\.
- Sudarto, L., 2015, *Prediksi Penurunan Muka Air Tanah Akibat Pemompaan di Daerah Jogonalan Klaten Jawa Tengah*. In *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)* Vol. 1, No. 5
- Sudarsono, U., 2007, *Studi Geologi Regional Untuk Tempat Penimbunan Limbah Industri di Lhokseumawe, Daerah Istimewa Aceh*. *Bulletin of environmental geology* Vol. 17 No. 3 29-36
- Telford, W.M., Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. and Sheriff, R.E., 1990. *Applied geophysics* Vol. 1. Cambridge university press.