

**PENDUGAAN INTRUSI AIR LAUT DALAM PERSIAPAN PENGEBORAN
SUMUR DALAM DENGAN METODE GEOLISTRIK 2D KONFIGURASI
WENNER DI DESA KETING KECAMATAN JOMBANG
KABUPATEN JEMBER**

¹⁾Asfiainnisa', ²⁾Yushardi, ²⁾Albertus Djoko Lesmono

¹⁾Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika

²⁾Dosen Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember
Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember

Email: asfiainnisa21@gmail.com

Abstract

If exploitation of ground water is not managed and controlled effectively, it will cause a decline in groundwater levels. The Reduction of soil water content in the layer of the aquifer can cause sea water intrusion into aquifer. Sea water intrusion is influx of sea water to aquifer. Based on the results of observation, the societies of Keting village mostly need groundwater through shallow wells that have a small discharge. Therefore, the Department of Energy and Mineral Resources of Jember conducted a survey to undertake deep wells drilling in the Keting village to supply clean and sufficient water for the societies. However, based on hydrogeological maps of geology directorate environmental governance published in 1981, the Keting village is located quite close to the area affected by sea water intrusion. The purpose of this study is to investigate and interpretate subsurface conditions related to structural dynamics estimation of sea water intrusion at the point of deep wells drilling in the Keting village. The method used is a method of geophysical resistivity with Wenner configuration. Tracks on research along 750 meters with 25 meters spacing. Research results is obtained in the drilling area has a value of resistivity in the range of 5.75 Ω m - 249 Ω m. In the range of 5.75 Ω m - 16.9 Ω m is ground water, in the range of 28.9 Ω m - 49.5 Ω m is very wet clay layer or contains a lot of groundwater, at 84.8 Ω m resistivity value is clay layers were quite dry, while in the range of 145 Ω m - 249 Ω m is gravel and sand.

Keywords: sea water intrusion, geoelectric 2D, wenner configuration

PENDAHULUAN

Air mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Air yang menjadi salah satu sumber daya mineral terpenting yang dapat diambil dari permukaan bumi. Sekitar 30 % dari konsumsi air harian di dunia didapatkan dari air tanah, sisanya didapatkan dari air permukaan pada sungai dan danau (Rismunandar, 1984). Air di dunia 97,2 %

berupa lautan, 2,8 % terdiri dari lemparan es, gletser (2,15 %), air artesis (0,62%) dan air lainnya (0,03%). Air lainnya ini meliputi danau air tawar (0,009%), danau air asin (0,008%), air tanah (0,005%), air atmosfer (hujan dan kabut) (0,001%) dan air sungai (0,0001%). Secara keseluruhan daritotal air dunia hanya 2,792% air tawar dan 0,005% di antaranya adalah air tanah (Strahler dan Strahler *cit.*Foth, 1984). Berdasarkan data tersebut, jumlah air tanah lebih sedikit dibandingkan jenis air lainnya. Namun di satu sisi, dengan adanya pertumbuhan penduduk dan kegiatan

ekonomi, kebutuhan air terutama air tanah semakin meningkat, sedangkan jumlah air tanah dan kualitasnya semakin menurun. Air tanah sampai saat ini merupakan pilihan terbaik dalam usaha untuk mencukupi kebutuhan air sehari-hari, pilihan tersebut didasari alasan bahwa air tanah relatif mudah diperoleh.

Meningkatnya eksploitasi air tanah yang tidak dikelola dan dikontrol secara efektif akan menyebabkan turunnya muka air tanah, serta berubahnya kualitas dan kuantitas air tanah itu sendiri. Berkurangnya kandungan air tanah pada lapisan akuifer dapat mengakibatkan masuknya air laut dalam akuifer. Eksploitasi air tanah yang dilakukan secara berlebihan khususnya pada daerah berpantai atau pesisir dapat menyebabkan suatu masalah yaitu air laut akan masuk dan terpenetrasi pada daerah air tawar. Air laut tersebut akan menyusup ke zona air tanah atau terjadi intrusi air laut (Sosrodarsono dan Takeda, 1978).

Desa Keting merupakan salah satu desa di Kecamatan Jombang Kabupaten Jember. Desa Keting terletak ± 5 km dari garis pantai Paseban. Berdasarkan hasil observasi, penduduk di desa Keting sebagian besar membutuhkan air minum, mencuci dan mandi menggunakan air sumur yang lebih mudah dan ekonomis. Desa Keting memiliki akuifer yang produktif dengan penyebaran luas dan muka air tanahnya dekat dengan muka tanah (Direktorat Geologi Tata Lingkungan, 1981). Oleh karena itu sumur penduduk merupakan sumur dangkal. Penyediaan air dari sumur dangkal memiliki debit cukup kecil, jika pengambilan air melebihi dari debit yang tersedia maka sumur bisa menjadi kering. Oleh karena itu Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Jember melakukan survey untuk dilakukannya pengeboran sumur dalam di desa Keting.

Pengeboran sumur dalam dilakukan untuk persediaan air yang bersih dan cukup bagi penduduk. Namun berdasarkan peta hidrogeologi dari direktorat geologi tata

lingkungan yang diterbitkan tahun 1981, Desa Keting letaknya cukup dekat dengan daerah yang terkena dampak intrusi air laut. Intrusi air laut menyebabkan tercemarnya air tanah atau perubahan kualitas air tanah, sehingga air tanah memiliki rasa asin. Hal ini akan berdampak buruk bagi kesehatan penduduk jika dikonsumsi terus-menerus.

Untuk mengetahui penyebaran daerah yang terkena intrusi air laut, dapat dilakukan survei geofisika yang salah satunya dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis. Metode geolistrik tahanan jenis adalah salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat tahanan jenis untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi. Metode ini dilakukan dengan menggunakan arus listrik searah yang diinjeksikan melalui dua buah elektroda arus ke dalam bumi, lalu mengamati potensial yang terbentuk melalui dua buah elektroda potensial yang berada ditempat lain (Djoko Santoso, 2002). Pada metode geofisika resistivitas terdapat berbagai konfigurasi, salah satunya yaitu konfigurasi Wenner. Konfigurasi Wenner digunakan untuk memperoleh resistivitas dari lapisan-lapisan permukaan lurus ke bawah pada titik tengah konfigurasi tersebut. Konfigurasi ini dapat digunakan untuk mendeteksi keadaan bawah-permukaan, salah satunya mengenai sifat fisis air tanah. Keunggulan dari konfigurasi *Wenner* yaitu ketelitian pembacaan tegangan pada elektrode potensial yang relatif dekat dengan elektrode arus, sehingga dalam hal ini dapat digunakan alat ukur multimeter dengan impedansi yang relatif lebih kecil. Oleh karena itu dalam penelitian ini, peneliti menggunakan konfigurasi Wenner.

Beberapa penelitian telah berhasil dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik, diantaranya oleh Rozikin (2012) dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan menggunakan konfigurasi Wenner-Shlumberger untuk mendeteksi sejauh mana rembesan air laut ke daratan di Pantai Payangan Desa

Sumberejo Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember dan Ratih (2006) melakukan penelitian mengenai intrusi air laut dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner di daerah Watu Ulo Desa Sumberejo Kabupaten Jember.

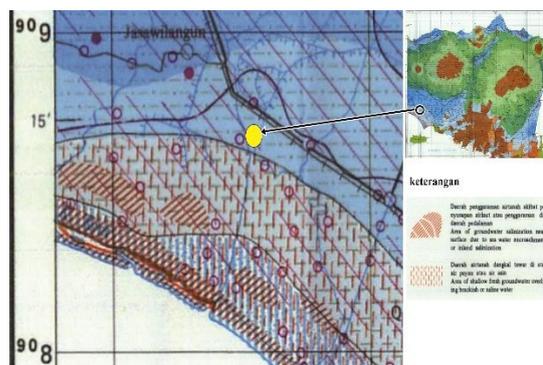
Dari uraian di atas, dapat dilihat bahwa air merupakan komponen yang sangat penting dalam kehidupan. Apabila air tanah tercemari air laut akan mengakibatkan dampak negatif dalam berbagai aspek. Oleh karena itu peneliti melakukan penyelidikan mengenai pendugaan intrusi air laut dalam pengeboran sumur dalam di desa Keting Kecamatan Jombang Kabupaten Jember dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D dengan konfigurasi Wenner.

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah Apakah terjadi intrusi air laut pada titik pengeboran sumur dalam di Desa Keting Kecamatan Jombang Kabupaten Jember?

Tujuan dari penelitian ini adalah menyelidiki dan menginterpretasikan kondisi dinamika struktur bawah permukaan terkait pendugaan terjadinya intrusi air laut di titik pengeboran sumur dalam di Desa Keting Kecamatan Jombang Kabupaten Jember dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D dengan konfigurasi *Wenner*.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Desa Keting Kecamatan Jombang Kabupaten Jember tepat di titik pengeboran sumur dalam. Garis lintasan membentang dari arah utara ke selatan. Lokasi penelitian terletak pada koordinat yaitu antara $08^{\circ}15'6,1''$ LS dan $08^{\circ}15'29,9''$ LS serta $113^{\circ}19'9,2''$ BT dan $113^{\circ}19'12,9''$ BT. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Peta Hidrogeologi Region Jember dan Daerah Penelitian di Kecamatan Jombang (Sumber : Direktorat Geologi Tata Lingkungan)

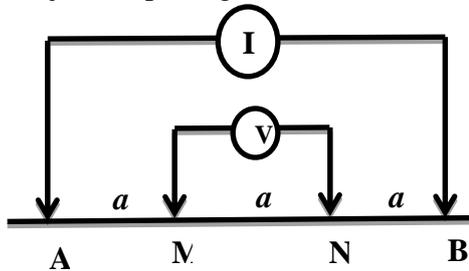
Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a) *Resistivitymeter*
- b) Elektroda arus dan potensial
- c) Kabel
- d) *Accu*
- e) Meteran
- f) Palu
- g) GPS
- h) *Handy talky*

Tahap pertama yaitu survei untuk pemilihan lokasi penelitian. Pada tahap ini menentukan lokasi untuk lintasan pengukuran yang berada tidak jauh dari titik pengeboran sumur dalam. Setelah melakukan survei lokasi, selanjutnya menentukan koordinat titik pengeboran dengan menggunakan GPS. Setelah itu, titik koordinat tersebut di plotkan dengan peta hidrogeologi. Hasil plot diketahui bahwa titik pengeboran sumur dalam di Desa Keting letaknya tidak terlalu jauh dari daerah yang berdampak intrusi air laut yang terlihat pada gambar 1.

Pada penelitian ini menggunakan 1 lintasan dengan panjang lintasan 750 meter. Arah lintasan yaitu membentang dari arah utara ke selatan tegak lurus dengan garis pantai. Lintasan dibuat sepanjang 750 meter dengan jarak antar elektrode pada pengukuran awal sebesar 25 meter. Dalam penelitian ini

digunakan metode geolistrik resistivitas 2 dimensi dengan konfigurasi Wenner. Data yang diukur adalah nilai resistansi dari struktur batuan bawah permukaan. Pengukuran untuk memperoleh nilai resistansi dilakukan dengan cara menginjeksikan arus ke dalam tanah melalui dua elektrode arus C₁ dan C₂, kemudian mengukur beda potensial yang ditimbulkannya pada elektrode potensial P₁ dan P₂. Berikut sketsa pengukuran resistansi dengan menggunakan konfigurasi Werner ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Susunan Konfigurasi Wenner (Sumber: Reynold, 1997)

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran berupa nilai resistansi (R). Kemudian data tersebut diolah dengan Microsoft Excel untuk memperoleh nilai resistansi semu (ρ). Persamaan untuk memperoleh resistansi semu (ρ) adalah sebagai berikut.

$$\rho_{aw} = 2\pi na \frac{\Delta V}{I}$$

(Sumber: Reynold, 1997)

Keterangan :

n = faktor pengali

a = jarak terpendek atau spasi antar elektrode (m)

ΔV = beda potensial (volt)

I = kuat arus listrik (ampere)

ρ_{aw} = resistivitas semu (Ωm).

Nilai resistivitas semu (ρ) yang telah diperoleh selanjutnya diolah dengan menggunakan software Res2Dinv untuk mendapatkan tampilan struktur bawah permukaan daerah yang diteliti.

Dari hasil penampang *Res2dinv*, kemudian melakukan interpretasi mengenai pencitraan bawah permukaan tanah yang diteliti. Berdasarkan distribusi resistivitas yang diperoleh akan dianalisa sebagai batuan yang sesuai dengan nilai resistivitasnya dengan berkorelasi pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Nilai resistivitas berbagai mineral bumi

Material	Resistivitas pada 20 ⁰ Ωm
Udara	0
Intrusi air laut	0.2 – 50
Air Tanah	0.5 – 150
Lempung	1 – 100
Pasir	1 – 1000
Tembaga	1 – 1.7
Magnesium	4.2
Bijih besi	0.1 – 25
Khrom	13.2
Aluvium	10 – 800
Mangan	44 – 160
Kerikil	100 – 600
Batu pasir	200 – 8000
Gamping	50 – 1 x 10 ⁷
Karbon	3000
Batuan garam	30 - 1 x 10 ¹³
Kwarsa	4 x 10 ¹⁰ – 2 x 10 ¹⁴

(Sumber : Telford, 1990)

Tabel 2. Porositas dan permeabilitas rata – rata beberapa tipe batuan

Tipe Batuan	Porositas	Permeabilitas (m ³ x hari ⁻¹ m ⁻²)
Lempung	45 %	0.0004
Pasir	35 %	41
Kerikil	25 %	4100
Kerikil dan pasir	20 %	410
Batu Pasir	15 %	4.1
Batu kapur dan serpih padat	5 %	0.041
Quartzite, granit	1 %	0.0004

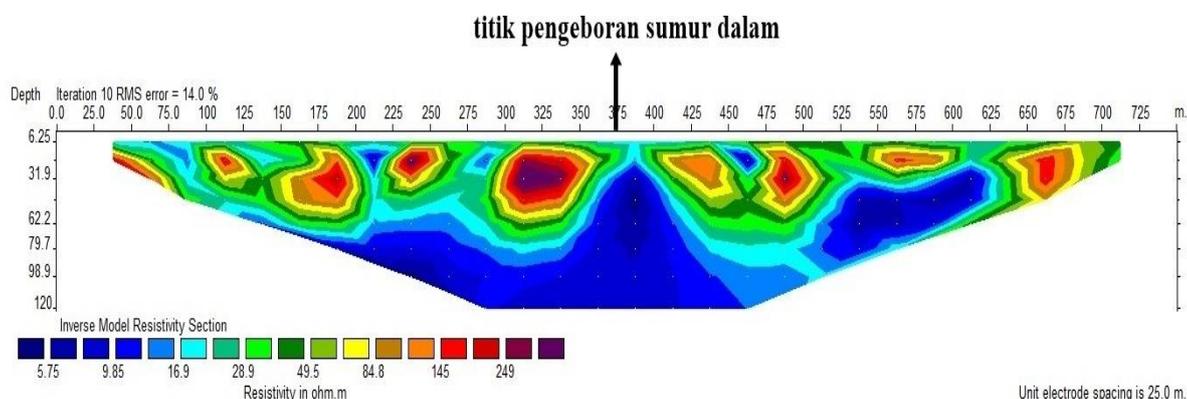
Sumber : (Linsley, dkk. 1996)

Citra penampang lintang dari setiap lintasan pengukuran menggambarkan aliran atau rembesan air laut serta pola maupun kedalaman daerah penelitian. Lintasan yang mencitrakan terjadinya rembesan air laut ditandai dengan nilai resistivitas yang sangat kecil, biasanya terletak pada rentang 0,2 – 0,5 Ω m. Oleh karena itu dapat diketahui bahwa di titik pengeboran sumur dalam sudah terkena rembesan air laut atau belum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lintasan yang dilakukan pada penelitian terletak pada koordinat

8°15'6,1" LS - 8°15'29,9" LS serta 113°19'9,2" BT -113°19'12,9" BT sepanjang 750 meter dengan spasi 25 meter dan pengukuran dilakukan hingga pengukuran ke 10 sehingga spasi maksimum yaitu 250 meter. Kedalaman yang terukur pada penelitian sebesar setengah kali dari spasi (1/2 a), maka kedalaman maksimum yang mampu terukur dalam penelitian ini yaitu 125 meter. Dari hasil pencitraan data dengan menggunakan *Software Res2dinv*, diperoleh kontur resistivitas lapisan bawah permukaan yang akan dilakukan pengeboran sumur dalam seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil pencitraan sebaran nilai resistivitas sebenarnya dari struktur lapisan tanah bawah permukaan yang diteliti

Dari hasil pencitraan sebaran nilai resistivitas di atas, pada jarak 300 m – 350 m dengan kedalaman 6,25 m – 62,2 m, serta pada jarak 400 m – 475 m dengan kedalaman 6,25 m - 62,2 m terlihat bahwa pada area tersebut dicitrakan oleh warna orange, merah dan ungu dengan nilai resistivitas 145 Ω m – 249 Ω m. Jika dikorelasikan nilai resistivitas tersebut dengan tabel 1, maka menunjukkan bahwa pada area tersebut terdiri dari pasir dan kerikil. Jika dikorelasikan dengan tabel 2, kerikil dan pasir memiliki kerapatan porositas sebesar 20 % dan permeabilitas yang cukup tinggi yaitu 410 $\text{m}^3 \times \text{hari}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, karena jenis tanah ini memiliki nilai porositas yang

rendah dan distribusi tekanan pori dalam tanah mudah meloloskan air sehingga pada area tersebut tidak terdapat akuifer. Pada area yang dicitrakan dengan warna hijau dengan nilai resistivitas sekitar 29,8 Ω m – 49,5 Ω m menunjukkan bahwa area tersebut terdiri dari lempung yang cukup basah atau lapisan lempung yang mengandung cukup banyak air tanah, sedangkan area yang dicitrakan dengan warna kuning yang memiliki nilai resistivitas sebesar 84,8 Ω m merupakan lapisan lempung yang kering atau sedikit sekali mengandung air. Berdasarkan tabel 2, jenis tanah tanah lempung memiliki nilai porositas yang tinggi yaitu 45 % dan permeabilitas yang rendah sehingga tidak dapat dengan mudah dilalui oleh air. Jenis

tanah ini merupakan jenis tanah yang cukup banyak mengandung air, dan diduga pada jenis tanah tersebut merupakan tempat air tanah bawah permukaan atau yang sering disebut dengan akuifer. Hal ini terlihat pada area antara jarak 275 m – 300 m dan 450 m – 475 m dengan kedalaman 6,25 m – 31,9 m yang dicitrakan dengan warna biru dengan nilai resistivitas 5,75 Ωm – 16,9 Ωm menunjukkan akuifer air tanah, namun akuifer tersebut adalah akuifer dangkal.

Pada jarak 275 m – 350 m dan pada jarak 425 m – 475 m dengan kedalaman 72,9 m – 120 m serta pada jarak 375 m – 400 m dengan kedalaman 6,25 m – 120 m yang dicitrakan dengan warna biru yang mempunyai nilai resistivitas 5,75 Ωm – 16,9 Ωm yang menunjukkan air tanah. Berdasarkan gambar 3 di atas terlihat bahwa pada titik yang akan di bor sumur dalam memiliki banyak air tanah, sehingga tepat untuk pembuatan sumur dalam selain itu pada area yang akan dilakukan pengeboran belum terjadi intrusi air laut karena nilai resistivitas untuk intrusi air laut sangat kecil yaitu $\pm 0,007 \Omega\text{m} - 1 \Omega\text{m}$, namun pada sepanjang lintasan terutama pada titik pengeboran nilai resistivitas yang tersebar masih pada rentang nilai resistivitas air tanah yang belum terintrusi air laut. Penentuan batuan tersebut berdasarkan nilai resistivitasnya dikorelasikan dengan tabel 1, selain itu juga membandingkan dengan berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan yaitu oleh Rozikin (2012) nilai resistivitas yang diperoleh yaitu 0,353 Ωm – 22,1 Ωm yang merupakan air tanah, pasir dan kerikil terletak pada resistivitas 123 Ωm – 338 Ωm . Gusfan (2008), berdasarkan hasil penelitiannya 17 Ωm – 47,2 Ωm terdiri dari lapisan lempung, lanau dan lempung berpasir, sedangkan pada rentang nilai resistivitas 100 Ωm – 173 Ωm merupakan kerikil dan lempung berpasir kering.

Pengeboran sumur dalam dapat dilakukan pada lintasan tersebut karena terkandung banyak air tanahnya dan air tanahnya belum tercemar oleh air laut

sehingga baik untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Namun titik pengeboran yang awalnya berada pada titik datum 16 sebaiknya bergeser 12,5 m dari titik datum tersebut, sebab di tengah – tengah titik datum ke 16 dan titik datum ke 17 yaitu pada jarak antara 375 m – 400 m kandungan air tanahnya lebih banyak sehingga potensial untuk dibuat sumur dalam. Intrusi air laut belum terjadi pada titik pengeboran, hal ini dapat terjadi salah satunya karena di daerah Keting terdapat sungai. Aliran air sungai dapat memperlambat rembesan air laut. Sungai tersebut letaknya lebih dekat dengan lokasi lintasan penelitian dibandingkan jaraknya dengan laut. Sungai tersebut adalah sungai yang berasal dari tanggul Kencong dan sungai yang berasal dari aliran sungai Bondoyudho

Meskipun intrusi air laut belum terjadi, namun area tersebut dekat dengan daerah yang mengalami intrusi air laut dan tekstur tanahnya memiliki kerapatan porositas yang rendah. Hal ini menyebabkan tanah mudah meloloskan air laut dari daerah yang mengalami intrusi air laut sehingga dikhawatirkan air laut tersebut akan menyusup ke air tanah pada titik pengeboran sumur dalam. Oleh karena itu pengambilan air tanah perlu dikelola dan dikontrol secara efektif serta mengurangi pengambilan air secara berlebihan agar kuantitas air tanah tidak berkurang secara berlebihan pula yang dapat menyebabkan turunnya muka air tanah. Turunnya muka air tanah juga menyebabkan cepatnya proses terjadinya intrusi air laut.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian mengenai pengeboran sumur dalam yang telah dilakukan di Desa Keting Kecamatan Jombang Kabupaten Lumajang dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner* didapatkan kondisi struktur bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas batuan pada daerah

lintasan penelitian. Hasil pengolahan data resistivitas dan dikorelasikan dengan tabel nilai resistivitas batuan diperoleh gambaran penyusun bawah permukaan di sepanjang lintasan penelitian yaitu pada area tersebut terkandung banyak air tanah dan belum terjadi intrusi pada area lintasan yang akan dilakukan pengeboran sumur dalam. Sehingga pengeboran sumur dalam dapat dilakukan pada lintasan tersebut, namun titik pengeboran yang awalnya berada pada titik datum 16 sebaiknya bergeser 12,5 m dari titik datum tersebut, yaitu pada jarak antara 375 m – 400 m kandungan air tanahnya lebih banyak sehingga potensial untuk dibuat sumur.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka saran yang diberikan sebagai berikut:

- a) Untuk melihat kesesuaian hasil penelitian terhadap kondisi struktur bawah permukaan yang lebih akurat, maka perlu dilakukan penelitian dengan alat dan metode yang lain sebagai pembanding dalam mengidentifikasi daerah yang rawan mengalami intrusi air laut, selain itu sebaiknya titik pengeboran berada sejauh 12,5 m dari titik datum 16.
- b) Bagi penduduk di Desa Keting perlu diingatkan apabila melakukan pengambilan air tanah perlu dikelola dan dikontrol secara efektif serta mengurangi pengambilan air secara berlebihan agar kuantitas air tanah tidak berkurang secara berlebihan pula yang dapat menyebabkan turunnya muka air tanah. Turunnya muka air tanah juga menyebabkan cepatnya proses terjadinya intrusi air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Geologi Tata Lingkungan. 1981. *Peta Hidrogeologi Indonesia*. Jakarta: Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Efendi, R. 2007. *Medan Elektromagnetika Terapan*. Jakarta : Erlangga.
- Foth, D.H. 1984. *Fundamental of Soil Science*. Singapore : John Wiley and Sons, Inc.
- Hendrayana, H. 2002. Intrusi Air Asin ke Dalam Akuifer di Daratan. *Jurnal Yogyakarta : Jurusan Teknik Geologi Universitas Gajah Mada*.
- Linsley, Kohler, dan Paulhus. 1982. *Hidrologi untuk Insinyur Edisi Ketiga*. Jakarta : Erlangga.
- Pemerintah Kabupaten Jember. 2009. Profil Kecamatan Jombang Kabupaten Jember[serial online]. <http://www.pemkabjember.go.id/v3/kecamatan/jombang.php>. [21 Februari 2014].
- Rismunandar. 1984. *Air, Fungsi, dan Kegunaan Bagi Pertanian*. Bandung : Sinar Baru.
- Reynold, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Eviromental Geophysics*. England : John Wiley and Sons Ltd, Baffins, Chischester, West Sussex PO19 IUD.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Soemarto, C.D. 1995. *Hidrologi Teknik Edisi Kedua*. Jakarta : Erlangga.
- Sosrodarsono dan Takeda. 1978. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Telford, W.M. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. New York : Cambridge University Press.