

IDENTIFIKASI INTRUSI AIR LAUT PADA AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D STUDI KASUS SURABAYA TIMUR

Rizky Rahmadi Wardhana¹⁾, Dwa Desa Warnana¹⁾, dan Amien Widodo¹⁾

¹⁾Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email : rizkykopral@gmail.com

Abstrak. Kawasan Surabaya Timur telah mengalami intrusi air laut dan berdampak pada akuifer air tanah sehingga memiliki kualitas air dengan adanya kadar garam yang terdapat pada sumur penduduk sekitar. Masalah adanya dugaan intrusi air laut ini telah diidentifikasi dengan menggunakan metode geolistrik dengan menggunakan konfigurasi *wenner-schlumberger* yang terletak di kawasan Surabaya Timur yang bertujuan untuk mengidentifikasi adanya intrusi air laut. Pengambilan data telah dilakukan pada kawasan Surabaya Timur saja. Data sumur juga dilakukan pengambilan sampel untuk mendapatkan hasil parameter air berupa elevasi muka air tanah, Salinitas, TDS, pH, dan Konduktivitas. Akuisisi data geolistrik dilakukan pada 3 titik lokasi yaitu Sutorejo, Klampis, dan ITS dengan menggunakan metode Resistivitas 2D dan *Induced Polarization*. Tahapan dari pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv*. Berdasarkan hasil interpretasi pada daerah penelitian Sutorejo, pada kedalaman 0.6-3,5 meter atau pada perlapisan paling atas diduga terjadi intrusi air laut dengan nilai resistivitas 0.734-6.31 ohm.m yang terdapat pada bagian tengah hingga Timur Laut. Dugaan ini juga didukung dari hasil penelitian dari metode *Induced Polarization* yang menunjukkan nilai 0.202 msec pada kedalaman 0.6 - 3.5 meter.

Kata Kunci: Intrusi Air Laut, Resistivitas, IP, Akuifer

Abstract. *East part of Surabaya City had seawater intrusion and had impact for ground water aquifer, then for those reason, Surabaya has bad quality of groundwater that contains unusual salinity. To investigate this cases, researcher use Electrical Resisitivity Method with Wenner-Schlumberger configuration to indicate salinity trouble in East Surabaya. Observation data have been collected with some parameters, such as ground water level, salinity, pH, TDS (Total Dissolve Solid), and conductivity. Acquisition in this research took in 3 places, those places located in Sutorejo, Klampis and ITS Campus with 2D Resistivity Method and Inducted Polarization. Step for processing data in it are using RES2DINV software. From interpretation section in Sutorejo case, at depth of 0.6-3.5m or the upper layer is expected for seawater intrusion with resisitivity range from 0.734 – 6.32 Ohm.m at middle part to northeast part of resisitivity section. This interpretation are also supported by the results of research from the Induced Polarization method that showed the value of 0.202 msec at a depth of 0.6-3.5 meters.*

Keywords: Sea Water Intrusion, Resistivity, IP, Aquifer, East Surabaya

PENDAHULUAN

Air tanah merupakan suatu sumber alam yang dapat diperbarui yang bersifat terbatas dan perlu peran sangat penting dalam penyediaan air bersih untuk berbagai keperluan. Penggunaan dari air tanah sebagai sarana kehidupan lambat laun semakin meningkat baik guna kebutuhan industry maupun untuk kebutuhan rumah tangga. Adanya penyedotan air tanah yang terus menerus tanpa memperhitungkan daya dukung dari lingkungannya yang menyebabkan permukaan air tanah melebihi daya produksi dari suatu akuifer, yang juga merupakan formasi dari pengikat air yang juga memungkinkan air cukup besar untuk bergerak.

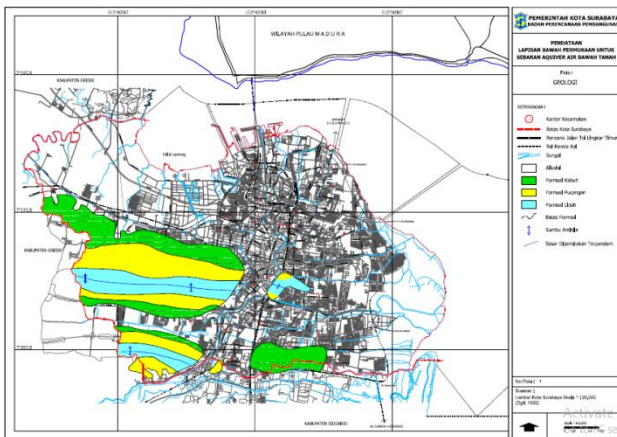
Dimana hal ini dapat menimbulkan terjadinya intrusi air laut terhadap sumber air bawah tanah (Kodoatie, J.R, 1996).

Metoda eksplorasi yang paling sedikit dalam membutuhkan pembiayaan yaitu Metoda Tahanan Jenis Ini, dibandingkan dengan metoda eksplorasi yang lain. Dilain sisi dalam hal biaya yang terjangkau, hasil yang diperoleh juga cukup akurat, karena itulah metoda ini sangat banyak digunakan. Terdapat beberapa contoh penerapan pada metoda ini antara lain Eksplorasi Panas Bumi, Hidrologi, Eksplorasi Mineral, Geofisika Lingkungan, Geofisika Teknik, dll.

TINJAUAN PUSTAKA

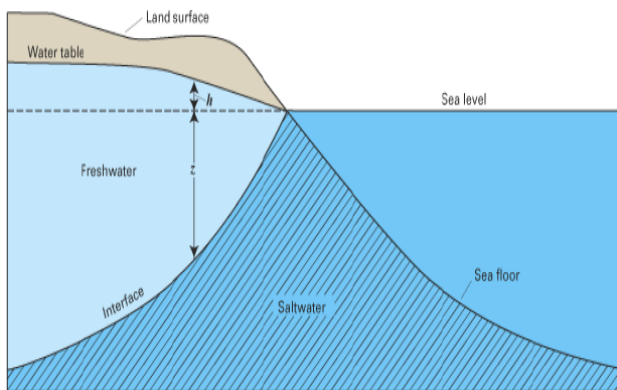
Geologi Regional

Wilayah Surabaya secara fisiografi regional Jawa Timur merupakan bagian dari Dataran Pantai Utara dan Zona Rembang. Dataran Pantai Utara dicirikan dengan memiliki kemiringan hampir nol, yang tersusun oleh endapan pantai dan sungai berukuran lanau hingga lempung. Dataran Pantai Utara ini terletak pada bagian utara dan timur wilayah Surabaya. Sebagian besar tanah di Surabaya merupakan tanah alluvial. Berikut adalah Geologi di Surabaya:



Gambar 1 Peta Geologi Kota Surabaya (Bapekko Surabaya)

Intrusi Air Laut



Gambar 2 Penampang Intrusi Air Laut Ghyben-Herzberg
 Intrusi atau penyusupan air asin ke dalam akuifer di daratan pada dasarnya adalah proses masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui akuifer di daratan atau daerah pantai.

Apabila keseimbangan hidrostatik antara air bawah tanah tawar dan air bawah tanah asin di daerah pantai terganggu, maka akan terjadi

pergerakan air bawah tanah asin/air laut kearah darat dan terjadilah intrusi air laut.

Gambar 2 menunjukkan hubungan Ghyben-Herzberg, dalam persamaan:

$$z = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h \tag{1}$$

Dimana:

ρ_f = densitas air tawar

ρ_s = densitas air asin

Lalu persamaan diatas bisa ditulis sebagai berikut:

$$z = 40h \tag{2}$$

Salam (2011) memberikan anggapan bahwa kedalaman batas (*interface*) air tawar dan air asin adalah sekitar 40 kali ketinggian muka air tanah dari muka air laut. Kedalaman bidang temu ini bergantung pada kedudukan paras air tanah yang tawar yang telah dihitung dari air laut.

Metode Resistivitas 2D

Teori dasar yang digunakan pada metoda resistivitas ini adalah hokum ohm yang menyatakan, arus yang mengalir (I) pada suatu medium adalah sebanding dengan voltage (V) yang terukur dan berbanding terbalik dengan resistansi (R) medium dan dapat dirumuskan:

$$V = I.R \tag{1}$$

Prinsip dasar yang digunakan pada alat ini yaitu adalah dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi. Setelah out mengamati beda potensial (ΔV) dan arus (I) yang terbentuk melalui dua buah elektroda yang telah ditempatkan di tempat lain. Perbedaan antar potensial dan arus ini akan menghasilkan suatu nilai ahanan jenis. Perbedaan nilai tahanan jenis dapat merfleksikan keadaan di bawah permukaan bumi.

Pada teknik pengolahan data, data pada beda potensial (ΔV) dan arus (I) yang didapat dari pengukuran akan dihitung sehingga diperoleh nilai tahanan jenis semu (ρ_a). Menurut Telford (1990) dan Reynolds (1997) tahanan jenis semu dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \tag{2}$$

dimana :

ρ = tahanan jenis semu

- K = factor geometri
- ΔV = beda potensial antara kedua elektroda
- I = kuat arus yang diinjeksikan

Besar pada nilai tahanan jenis semu (ρ_a) akan dikelompokkan sesuai dengan kedalaman lapisan (n). lalu data-data yang telah tersusun diolah dengan menggunakan software Res2dinv Ver 3.48a. Sehingga diperoleh gambaran atau citra mengenai keadaan bawah permukaan berdasarkan perbedaan nilai tahanan jenis.

Konfigurasi Wenner - Schlumberger

Konfigurasi yang akan digunakan yaitu *Wenner - Schlumberger*, konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan factor “n” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda C1-P1 (atau C2-P2) dengan spasi antara P1-P2 seperti pada Gambar 2.6. Lalu, jika jarak antar potensial (P1 dan P2) adalah *a* maka jarak antar elektroda arus (C1 dan C2) adalah $2na + a$. Proses penentuan resistivitas menggunakan 4 buah elektroda yang diletakkan dalam sebuah garis lurus (Sakka, 2001).

Arus listrik yang dapat menembus permukaan bola yang mempunyai luas *A*, tebal *dr*, dan beda potensial *dV* antara dua titik dalam bola bagian luar dan dalam:

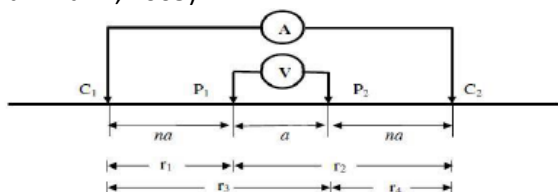
$$I = - \frac{A dV}{\rho dr} \tag{3}$$

Luas permukaan dari setengah bola = $\frac{4\pi r}{2}$, maka persamaan (1) menjadi :

$$I = - \frac{2\pi r dV}{\rho dr} \tag{4}$$

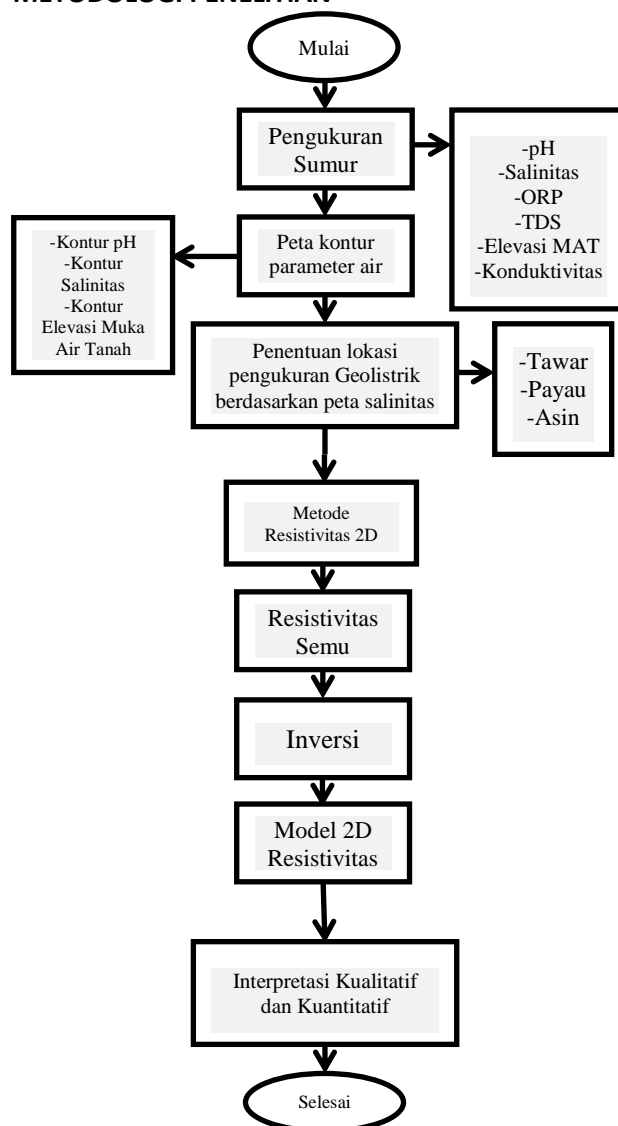
Tanda dari negatif (-) menjelaskan bahwa arus mengalir dari tempat yang mempunyai potensial tinggi ke rendah.

Dua elektroda arus yang dipasang dengan jarak yang sudah ditentukan seperti pada Gambar 2, akan menyebabkan potensial pada titik-titik yang dekat dengan permukaan yang dipengaruhi dari kedua elektroda arus tersebut (Reynolds, 1997 dalam Bahri, 2005).



Gambar 2. Dua elektroda arus dan dua elektroda potensial pada permukaan homogen isotropis dengan tahanan jenis ρ (Bahri, 2005).

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian Resistivitas 2D
Penjelasan diagram alir diatas.

1. Mulai
2. Melakukan pengukuran sumur, dengan output 4 parameter. Dalam pengukuran ini dilakukan pengambilan sample dari 12 sumur.
3. Lalu pembuatan peta kontur dari masing-masing parameter air di Surfer. Dalam hal ini, kontur yang digunakan hanya Salinitas, pH dan kedalaman.
4. Menentukan lokasi pengukuran Resistivitas dan IP berdasarkan kontur Salinitas karena padapenelitian ini difokuskan untuk Intrusi air laut. Berdasarkan kontur salinitas, akan ditentukan dengan menyesuaikan 3 kategori yaitu asin, payau, dan tawar yang diketahui dari nilai salinitas.

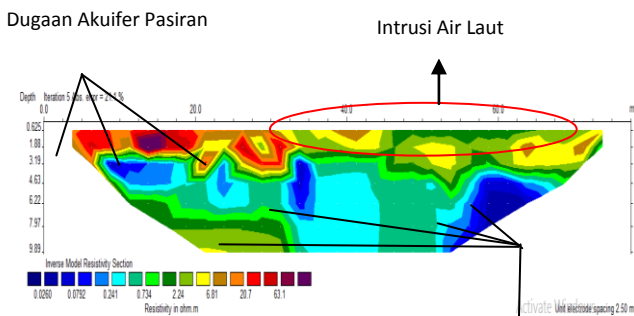
5. Lalu masuk ke bagian akuisisi data Resistivitas 2D.
6. Dalam pengukuran resistivitas ini akan didapatkan data resistivitas semu
7. Setelah itu setelah data diolah menggunakan excel, akan dilakukan pengolahan menggunakan Res2dinv.
8. Selanjutnya dilakukan proses inversi data, yang kemudian akan didapatkan hasil penampang resistivitas.
9. Setelah dirasa cukup, akan dilakukan interpretasi data berupa kualitatif dan kuantitatif dari penggabungan hasil 2 metode ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kontur Sebaran

Lokasi Pertama Sutorejo

Daerah ini telah dilakukan penelitian hanya dengan 1 bentangan, pada tanggal 9 Oktober 2016 pukul 13.00 hingga 23.30. Ini dikarenakan kondisi lapangan yang kurang mendukung serta cuaca yang pada saat itu mengganggu proses pengambilan data. Serta hanya mendapatkan total lintasan sepanjang 80 m.



Gambar4. Hasil penampang resistivitas 2D pada lintasan pertama.

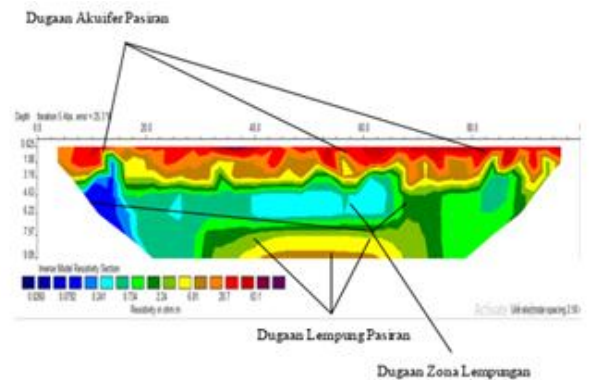
Berdasarkan hasil penampang pada gambar 4, diperoleh hasil seperti berikut:

1. Lapisan pertama mempunyai nilai resistivitas yang tinggi yaitu (6.81-63.1 ohm.m) pada kedalaman 0.6-3 meter yang ditunjukkan oleh warna kuning hingga ungu, bahwa pada lapisan ini dapat diduga sebagai akuifer yang bercampur dengan pasir. Pada bagian tengah sampai timur laut (L1) ini didominasi oleh nilai resistivitas yang cukup rendah. Dapat dilakukan pendugaan bahwa adanya kemungkinan intrusi air laut berasal dari arah utara.

2. Dibawah lapisan yang pertama terdapat lapisan yang diduga sebagai lempung yang berasosiasi dengan pasir pada kedalaman 3-8 meter dengan memiliki ketebalan 5 meter.
3. Untuk lapisan paling bawah yaitu diduga sebagai lapisan lempung dengan nilai resistivitas (0.734-6.81 ohm.m).

Lokasi Kedua Klampis

Daerah ini telah dilakukan penelitian hanya dengan 1 bentangan, pada tanggal 11 Oktober 2016 pukul 13.00 hingga 23.30. Ini dikarenakan kondisi lapangan yang kurang mendukung serta cuaca yang pada saat itu mengganggu proses pengambilan data. Serta hanya mendapatkan total lintasan sepanjang 100 m.



Gambar 5 Penampang resistivitas 2D pada lintasan kedua.

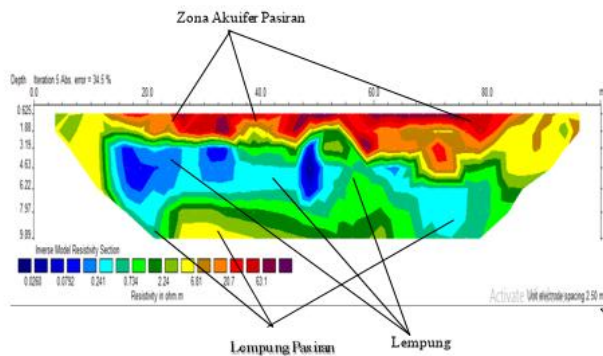
Berdasarkan hasil penampang pada gambar 5, diperoleh hasil seperti berikut:

1. Lintasan ini memiliki penutup secara menyebar dari utara keselatan dengan nilai resistivitas 20.7-63.1 ohm.m di kedalaman 0.1-9 m. Dan diduga sebagai lapisan akuifer pasir.
2. Nilai resistivitas sedang didapati pada kedalaman 3-3.5 m dengan nilai resistivitas 0.734-6.81 ohm.m dan diduga sebagai akuifer berupa lempungan..
3. Untuk nilai resistivitas rendah terdapat di kedalaman 3-9 m dengan rentan nilai 0.0260-0.241 ohm.m dan diduga sebagai lempung pasir.

Lokasi Ketiga Hidrodinamika ITS

Daerah ini telah dilakukan penelitian hanya dengan 1 bentangan, pada tanggal 25 Desember 2016 pukul 10.00 hingga 18.30. Ini dikarenakan

kondisi lapangan yang kurang mendukung serta cuaca yang pada saat itu mengganggu proses pengambilan data. Serta hanya mendapatkan total lintasan sepanjang 100 m.



Gambar 6. Penampang Resistivitas Lokasi Tiga

Berdasarkan hasil penampang pada Gambar 6, didapati hasil seperti berikut:

1. Nilai resistivitas tertinggi berada di topsoil dengan 20.7-63.1 ohm.m pada kedalaman 0-4 m dengan dugaan sebagai zona alluvial pasiran.
2. Untuk nilai resistivitas sedang pada kedalaman 1-6 meter dengan nilai resistivitas 0.734-6.81 ohm.m dan diduga sebagai akuifer berupa lempungan.
3. Dan lapisan dengan resistivitas terendah terdapat pada kedalaman 0.0260-0.241 ohm.m dengan kedalaman 3-8 m dan diduga sebagai lapisan endapan alluvial dan pasiran beserta lempungan.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain:

1. Dari pengukuran metode Resistivitas 2D ini menghasilkan data penampang yang cukup baik dalam penelitian ini. Zona intrusi air laut dapat terlihat pada lokasi Sutorejo dengan nilai resistivitas 6.31 ohm.m. Hasil ini juga didukung dari data IP dan data sumur sekitar lokasi pengukuran.
2. Untuk daerah ITS seharusnya menunjukkan adanya zona akuifer air asin, namun nilai resistivitas pada zona yang diduga terlampaui besar. Dugaan ini disebabkan karena terdapatnya asosiasi antara akuifer dengan lempung. Namun nilai chagreabilitas telah menunjukkan hasil yang lumayan baik sebesar

0.202 msec yang berarti bahwa adanya zona akuifer air asin pada daerah tersebut.

3. Pada penelitian ini, metode resistivitas 2D sangat baik dalam identifikasi intrusi air laut. Hal ini juga didukung dari penampang IP yang menjadi.

Saran

Saran dari hasil dan kesimpulan untuk membangun hipotesa-hipotesa selanjutnya antara lain:

1. Hasil dari metode Resistivitas 2D dan IP menunjukkan kemampuan yang sangat bagus dalam identifikasi intrusi air laut. Namun hal ini perlu dilakukan penelitian lanjut guna mengetahui sebaran intrusi air laut di Kota Surabaya.
2. Perlu dilakukan penelitian metode Resistivitas 3D guna mengetahui secara 3D zona intrusi air laut.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen-dosen pembimbing Bapak Dwa Desa Warnana dan Bapak Amien Widodo atas ide penulisan dan pengarahannya selama proses penelitian hingga penulisan

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri. 2005. *Hand Out Mata Kuliah Geofisika Lingkungan dengan Topik Metode Geolistrik Resistivitas*. FMIPA ITS, Surabaya.
- Griffiths, D.H. and R.D. Barker. 1993. "Two-Dimensional Resistivity Imaging and Modeling in areas of Complex Geology". *Journal of Applied Geophysics*. 29:211-226.
- Harto, Sri Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Haryanto, A. 2011. *Aplikasi Metode Resistivitas Menggunakan Geolistrik untuk Monitoring Intrusi Air Laut Skala Model*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Kodoatie, J.R. 1996. *Pengantar Hidrologi*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Loke, M.H., 1999. *Res2Dinv ver 3.3 for windows 3.1, 95 and NT: Rapid 2D resistivity and*

IP inversion using the least-squares method,
Penang Malaysia.

Permenkes RI.
No.416/Menkes/Per/IX/1990tentang syarat-
syaratdan Pengawasan Kualitas Air yaitu
Mikrobiologi, fisik, kimia, dan radio aktif

PUSLIT-KLH ITS dengan Bapedda, 1999.
*Studi Sistem Jaringan Resapan Air Buatan di
Kecamatan Kenjeran Kotamadya DATI II
Surabaya*. Laporan Penelitian, Surabaya.

Raynold, J.M, 1997. *Introdution to Applied
and Eviromental Geophysics*. JohnWilley and
Soon Ltd.

Sangkoro, Djoko. 1979. *Teknik Sumber Daya
Air*. Jakarta. Erlangga.

Sosrodarsono, S dan Takeda, S. 2003.
HidrologiUntuk Perairan. PT. Pradnya Paramita.
Jakarta.

Sutrisno, Totok. 2002. *Teknologi
Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.

Salam, R. 2011. *Kajian Akifer Pantai Pulau
Ternate*.

Jurnal Aplikasi Fisika, 7(2): 51-55.

Telford, W.M. 1990. *Applied Geophysics :
Second Edition*. Cambridge: Cambridge
University Press.

Hendrayana, H. 2002. *Dampak
Pemanfaatan Air Tanah*.
