

Aplikasi Geolistrik pada Pemetaan Daerah Intrusi Air Laut di Pantai Candidasa

*Ni Nyoman Pujianiki¹, I Nengah Simpen²

¹Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali, ²Fakultas MIPA, Universitas Udayana, Bali
^{*)}hakipuji@yahoo.com

Received: 8 Februari 2018 Revised: 31 Mei 2018. Accepted: 8 Juni 2018

Abstract

To know the magnitude of sea water intrusion that occurred in Candidasa area need to be mapping by using Geo-electric Method. Geo-electric method is one Geophysical method that works by injecting an electric current into the ground and then measured the potential difference it generates. Based on the data of electric current and potential difference, resistivity will be obtained in the research area. The result of sea water intrusion mapping in Candi Dasa beach area indicates that sea water intrusion has occurred but not yet on the status of conspiracy. If groundwater extraction is not restricted, the level of intrusion will continue to increase. Contour resistivity indicates that there has been a sea water intrusion in the Candidasa Tourism Area in a mild status in the southeast area at a depth of 5-10 m. The measured rock resistivity values in the study sites ranged from 0.35 to 1800 ohm.m, the seawater intrusion criteria occurred at a resistivity of 0.5 - 30 ohm.m. The results of the study are expected to give policyholders input on sea water intrusion in Candidasa Tourism area so that appropriate policy steps can be taken.

Keywords: Geolistrik, intrusion, resistivity

Abstrak

Untuk mengetahui besarnya intrusi air laut yang terjadi di daerah Candidasa perlu dilakukan pemetaan dengan menggunakan Metoda Geolistrik. Metoda Geolistrik bekerja dengan cara menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah kemudian diukur beda potensial yang ditimbulkannya. Berdasarkan data arus listrik dan beda potensial, nantinya akan didapatkan resistivitas pada daerah penelitian. Hasil pemetaan intrusi air laut di daerah Pantai Candidasa menunjukkan bahwa intrusi air laut sudah terjadi namun statusnya belum mengkhawatirkan. Bila pengambilan air tanah tidak dibatasi kemungkinan tingkat intrusi akan terus meningkat. Kontur resistivitas menunjukkan bahwa telah ada intrusi air laut di Kawasan Pariwisata Candidasa dalam status ringan di daerah tenggara pada kedalaman 5 - 10 m. Nilai resistivitas batuan yang terukur di lokasi penelitian berkisar 0,35 – 1800 ohm.m, kriteria intrusi air laut terjadi pada resistivitas 0,5 – 30 ohm.m. Hasil penelitian diharapkan dapat memberi masukan para pemegang kebijakan tentang intrusi air laut di daerah Pariwisata Candidasa sehingga langkah kebijakan yang tepat dapat diambil.

Kata kunci: Geolistrik, intrusi, resistivitas

Pendahuluan

Candidasa merupakan salah satu destinasi pariwisata di daerah timur pulau Bali. Daerah ini telah berkembang sejak tahun 1983 dan setiap tahun mengalami peningkatan pertumbuhan pembangunan vila dan penginapan. Seiring dengan meningkatnya pembangunan vila dan penginapan, berdampak pada adanya peningkatan kebutuhan air pada daerah tersebut. Sumber air untuk penginapan maupun vila di daerah Candidasa berupa air yang

berasal dari Perusahaan Air Minum (PAM) dan air sumur. Pada daerah ini masih dimungkinkan untuk dibuat sumur gali pada kedalaman sekitar 5 – 10 m dan sudah bisa mendapatkan air tawar. Walaupun demikian, ada juga yang memakai sumur bor dengan kedalaman sekitar 10 – 20 m. Bila pengambilan air bawah tanah, dilakukan terus menerus maka ada kekhawatiran akan adanya intrusi air laut pada daerah Pariwisata Candidasa. Menurut Santoso *et al* (2013) akibat pengambilan air tanah yang berlebihan maka air tanah yang

tersimpan dalam pori-pori lapisan akuifer akan terperas keluar yang mengakibatkan penyusutan lapisan sehingga menimbulkan penurunan tanah dipermukaan. Sedangkan Ashriyati (2011) menyampaikan bahwa laju pengambilan air tanah dari sejumlah sumur apabila jauh lebih besar dari pengisiannya maka lengkung-lengkung penurunan muka air tanah antara sumur satu dengan lainnya akan menyebabkan terjadinya penurunan muka air tanah secara permanen, bila hal ini terjadi pada daerah pantai maka penurunan air tanah dapat mengakibatkan terjadinya intrusi air asin. Untuk itu perlu kiranya diantisipasi dengan cara melakukan penelitian intrusi air laut. Salah satu cara yang dapat diandalkan adalah dengan mengaplikasikan Metoda Geolistrik.

Metoda Geolistrik adalah salah satu bagian dari metoda geofisika dimana sifat aliran listrik di dalam bumi dipelajari, seperti pengukuran potensial listrik, dan arus listrik akibat injeksi arus ke dalam bumi. Metode Geolistrik sangat efektif dipergunakan untuk melakukan eksplorasi yang sifatnya dangkal, karena metoda ini tidak mampu memberikan informasi lapisan di kedalaman berkisar antara dari 300 m sampai 450 m. Metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang *engineering geology* seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian *reservoir* air, juga digunakan dalam eksplorasi panas bumi. Dari semua sifat fisika batuan dan mineral, resistivitas memperlihatkan variasi nilai yang sangat banyak. Pada mineral-mineral logam, nilainya berkisar pada 8–10 Ω m hingga 107 Ω m. Jika suatu batuan memiliki komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan rentang resistivitas yang bervariasi pula. Sehingga rentang resistivitas maksimum yang mungkin adalah dari $1,6 \times 10^{-8}$ (perak murni) hingga 1016 Ω m (belerang murni) (Telford *et al.*, 1990).

Dalam menginterpretasikan pengukuran pada metoda geolistrik bumi dianggap *homogen isotropis*, yaitu setiap lapisan memiliki resistivitas yang sama. Prinsip dasarnya dari metoda geolistrik adalah mengukur respon berupa potensial pada suatu elektroda potensial akibat arus listrik yang diinjeksikan ke dalam bumi melalui elektroda arus, oleh karena itu perumusan teoritis metoda geolistrik didasarkan pada prinsip perhitungan potensial listrik pada suatu medium tertentu akibat suatu sumber arus listrik di permukaan bumi. Jika arus (I) diinjeksikan ke dalam bumi yang *homogen isotropis* maka arus listrik tersebut akan menyebar ke segala arah dan permukaan-permukaan ekuipotensial dalam bumi berupa permukaan bola (Telford *et al.*, 1990).

Secara topografi, pantai merupakan daerah dataran rendah dimana umumnya datarannya berupa endapan alluvial yang terdiri dari lempung, pasir dan krikil sebagai hasil transportasi dan erosi batuan di hulu sungai. Akuifer yang ada di wilayah pantai umumnya berupa akuifer tertekan dan akuifer bebas. Penyusutan air asin ke dalam akuifer di daratan atau sering disebut intrusi air laut merupakan proses masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui akuifer di daratan daerah pantai (Hendrayana, 2002). Akibat pengambilan air tanah yang berlebihan di wilayah pantai untuk memenuhi kebutuhan hidup dapat menimbulkan permasalahan intrusi air laut dikawasan pantai. Adapun penyebab utama terjadinya penyusutan air asin ini adalah akuifer yang berhubungan dengan air laut serta adanya penurunan permukaan air tanah. Secara alamiah air laut tidak dapat masuk jauh ke daratan sebab air tanah memiliki piezometric yang menekan lebih kuat dari pada air laut, sehingga terbentuk *interface* sebagai batas antara air tanah dengan air laut. Keadaan tersebut merupakan keadaan keseimbangan hidrostatis antara air laut dan air tanah (Indriatmoko & Herlambang, 2005). Aliran air laut mendesak air tawar dan mendorong *interface* menuju ke arah sumber eksploitasi air tanah membentuk kerucut dan berdampak intrusi air laut ke dalam akuifer. Menurut Sosrodarsono & Takeda (2003) air tanah tertekan di wilayah pantai memiliki resiko terintrusi air laut. Untuk itu pengendalian penyusutan air asin perlu dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya dengan mengurangi pengambilan air tanah di wilayah pantai, *artificial recharger* atau pengisian air tanah secara buatan serta pembuatan penghalang di bawah tanah di wilayah pantai.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan intrusi air laut yang terjadi di daerah Pariwisata Candidasa dengan mencari besarnya nilai resistivitas batuan yang terukur di daerah tersebut sehingga diperoleh peta intrusi air laut di daerah Pariwisata Candidasa. Hasil penelitian berupa peta kontur penyebaran intrusi air laut di daerah Pariwisata Candidasa, diharapkan dapat memberi masukan tentang intrusi air laut yang terjadi di daerah Pariwisata Candidasa kepada para pemegang kebijakan sehingga dapat mengambil keputusan dengan lebih bijak.

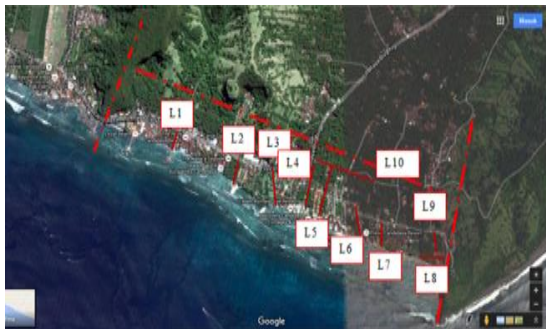
Posisi daerah penelitian adalah daerah dengan posisi disekitar lintang S = 8° 30' 37,458" dan E = 115° 34' 29,629" dan ketinggian ± 12 m dari permukaan laut. Bagian selatan garis merah merupakan tempat penelitian, secara administratif daerah tersebut yang namanya Candidasa, bagian dari desa Bugbug, alamat *Googlenya* ditunjukkan seperti Gambar 1 dengan luas daerah $\pm 0,4 \times 2$ km.

Pengukuran dilakukan pada daerah penelitian dengan lintasan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 sebanyak 10 lintasan. Alat yang dipakai Geolistrik *Skill Pro* dengan konfigurasi *Wenner*.



Sumber: <https://www.google.co.id/maps/place/Pantai+Candidasa/@8.5106743,115.5725737,1583m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x2dd2092cb3cd7f25:0x871e3813fed35ad5!8m2!3d-8.5099736!4d115.5685065?hl=id>

Gambar 1. Lokasi penelitian



Gambar 2. Lintasan pemetaan.

Metode

Untuk mencapai tujuan penelitian yaitu pemetaan intrusi air laut pada daerah Pariwisata Candidasa, maka dilakukanlah pengukuran di lapangan dengan memakai 1 set alat Geolistrik dengan merek *Skill Pro 48 Channel* (satu set Geolistrik yang dimiliki oleh Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana) yang terdiri dari: *accu 12 volt* sebagai sumber arus satu buah, batang elektroda 48 buah, kabel penghubung dua gulung, meteran rol panjang 50 m satu buah, laptop untuk *interface* (sudah terprogram *interface* dengan *Skill Pro*) dan palu satu kg satu buah.

Adapun langkah-langkah kerjanya sebagai berikut: (1) tentukan target yang akan dicari, (2) tentukan arah lintasan, (3) tentukan lintasan pengukuran, (4) tentukan jarak antar elektroda, (5) pasang kabel pengukuran (kabel chanel 1–24 dan kabel chanel 25–48), (6) pasang kabel-kabel pengukuran ke set alat, (7) lakukan pengukuran, (8) simpan data hasil pengukuran. Sebelum pengukuran dilakukan, ada beberapa hal yang perlu dipersiapkan, diantaranya: (1) Mempersiapkan alat yang akan dipergunakan

meliputi mempersiapkan resistivimeter, mempersiapkan kabel-kabel dan mempersiapkan elektroda-elektroda yang diperlukan (2) menentukan lokasi tempat pengukuran yang meliputi peninjauan geologi permukaan tempat pengukuran, menentukan *strike* dan lintasan pengukuran serta titik-titik penempatan elektroda.

Pengukuran dilakukan menggunakan alat resistivimeter dengan cara melakukan pengukuran sesuai dengan prosedur operasional alat Geolistrik yang dipakai. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 lintasan. Panjang masing-masing lintasan 100 sampai 200 m sehingga memiliki daya jangkauan kedalaman sekitar 15 sampai 30 m. Berdasarkan data ini diharapkan telah didapatkan penyebaran intrusi air laut di daerah Pariwisata Candidasa.

Data dianalisis dengan program *Res2Divn* untuk mendapatkan nilai resistivitas masing-masing lintasan. Nilai resistivitas ini kemudian dipetakan sehingga didapatkan peta kontur penyebaran intrusi air laut di daerah Pariwisata Candidasa. Agar data yang didapat bisa dianalisis, terlebih dahulu datanya diambil dan dimasukkan ke dalam *flash disk*. Selanjutnya data diolah dengan program *Res2divn*. Hasil analisa data inilah yang nantinya akan diinterpretasi.

Langkah-langkah yang ditempuh untuk memindahkan data dari *Skill Pro* ke *flash disk* adalah: (1) hidupkan *Skill Pro*, (2) hubungkan ke laptop untuk *interface*, (3) menu utama *Skill Pro* dibawa ke posisi *system*, kemudian pilih *USB* dan tekan *enter*, (4) caranya setelah *Skill Pro* hidup, geser kanan pakai tanda panah kanan di *key board*, (5) buka program *interface* (Program *Siber Tools*), (6) pilih menu *File*, kemudian cari *Open* selanjutnya cari tempat dan nama *file* (*removable, dat, d2d*, (nama *file* yang dimasukkan dalam *Skill Pro*)) selanjutnya tekan *Enter*. Ini merupakan data hasil pengukuran yang telah dilakukan, (9) data hasil pengukuran ini perlu diubah sehingga dapat diakses oleh program *Res2Divn*. Caranya sebagai berikut: kembali lagi pilih menu *File --- export -- save in ---* (carikan tempat dan nama *file*) dengan *type file: Res2DivnFiles.dat* kemudian tekan *Enter*. *File* ini sudah siap untuk diakses oleh program *Res2Divn*, (10) tutup program *interface* (Program *Siber Tools*) dan matikan *Skill Pro*.

Agar mendapatkan gambar penampang lintasan berdasarkan kontur resistivitasnya, data yang didapat perlu diolah dengan program *Res2Divn*, caranya sebagai berikut: (1) buka Program *Res2Divn*, (2) pilih *File – Read data file –* (cari tempat dan nama *file*) – kemudian tekan *Enter*, (3) pilih *Inversion – last square inversion --* tekan

Enter. Tunggu beberapa saat, komputer sedang menghitung dan menggambar hasil kontur penampang resistivitas lintasan pengukuran. Setelah selesai proses dan menampilkan gambar penampang resistivitas, gambar inilah yang dicari dan diinterpretasi.

Untuk interpretasi data, gambar yang paling di bawah yang diinterpretasi. Interpretasi data sangat tergantung dari “apa yang akan dicari”. Sebagai contoh akan mencari akuifer. Gambar 3 adalah contoh gambar kontur resistivitas penampang lintasan untuk mencari akuifer yang dilaksanakan oleh Simpen (2016). Nampak skala perubahan warna dari Biru sampai Merah, yang berarti dari resistivitas kecil ke resistivitas besar. Warna biru menandakan daerah resistivitas rendah yang merupakan akuifer yang akan dicari. Kemudian setelah dilakukan verifikasi dengan cara membuat sumur bor pada titik *Sb* dengan kedalaman 18,5 memang benar didapatkan akuifer pada kedalaman tersebut, sesuai skala kedalaman (sebelah kiri gambar merupakan skala kedalaman).

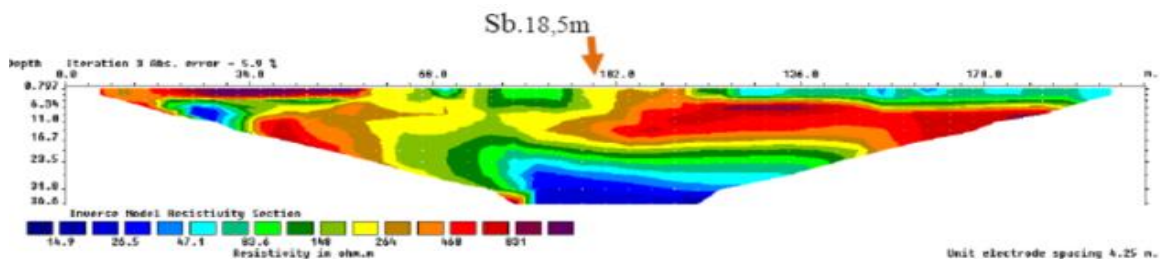
Tabel 1 digunakan sebagai pedoman interpretasi gambar untuk memvalidasi data hasil pengukuran di lapangan. Tabel tersebut merupakan laporan yang ditulis oleh Adepelumi *et al* (2009) dalam *delineation of saltwater intrusion into the freshwater aquifer of Lekki Peninsula, Lagos, Nigeria* pada Arab Water Forum.

Hasil dan Pembahasan

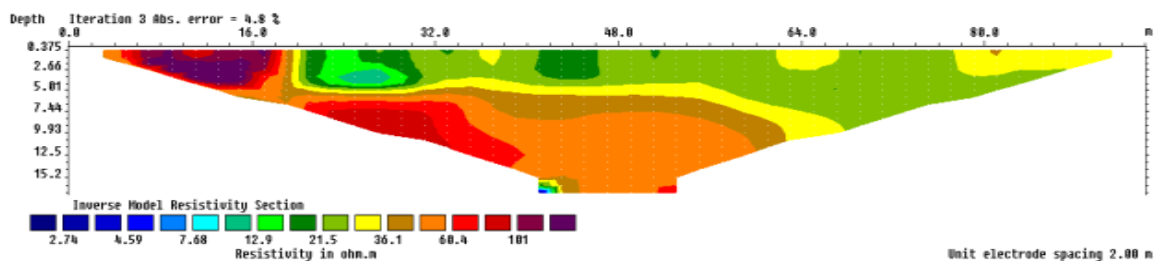
Data Geolistrik awalnya berupa besaran-besaran kuat arus yang diinjeksikan (*I*) dan besaran beda potensial (ΔV) akibat adanya injeksi arus. Dengan alat Geolistrik *Skill Pro* bisa langsung didapatkan besaran resistivitas semu pada titik-titik pengukuran. Nilai resistivitas semu kemudian dianalisis dengan program *Res2divn* sehingga didapatkan nilai resistivitas riil tiap-tiap titik dalam penampang lintasan. Kontur penampang resistivitas hasil pengukuran pada masing masing penampang lintasan ditunjukkan pada Gambar 4, 5 dan 6.

Tabel 1. Resistivitas batuan dan sedimen

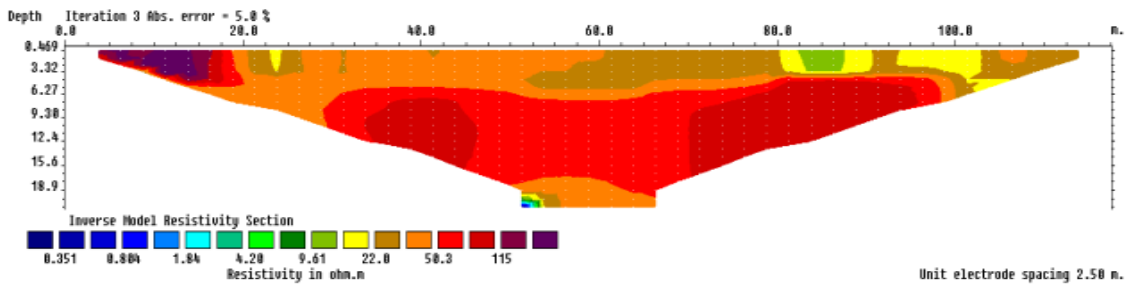
Resistivity (ohm.m)	Sedimen	Keterangan
0,5 - 2,0	Tanah dengan butiran sedikit atau lempung	Air laut atau asin yang sangat asin. TDS berkisar 20000 mg/L
2,0 - 4,5	Butiran pasir atau lempung jenuh	Air asin. TDS 10000 mg/L
4,5 - 10,0	Lempung berpasir	Air payau keasian. TDS 10000-1500 mg/L
10,0 - 15,0	Pasir, kerikil terdapat lempung	Air payau. TDS 5000-1500 mg/L
15,0 - 30,0	Pasir, kerikil sedikit lempung	Air tanah berkualitas rendah. TDS 1500-700 mg/L
30,0 - 70,0	Pasir, kerikil sangat sedikit lempung	Air tanah berkualitas menengah. TDS 100 mg/L
70,0 - 100,0	Pasir, kerikil tidak lempung	Air tanah kualitas bagus. TDS kecil
Lebih dari 100	Pasir kasar, kerikil tidak berlempung	Air tanah kualitas sangat bagus TDS kecil



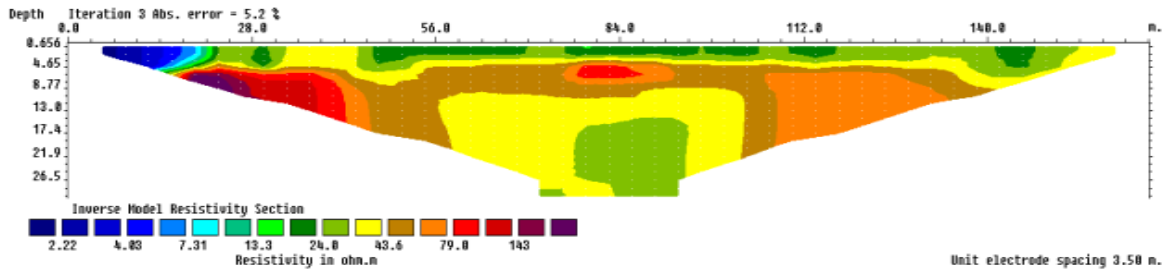
Gambar 3. Kontur resistivitas penampang lintasan.



Gambar 4. Lintasan satu



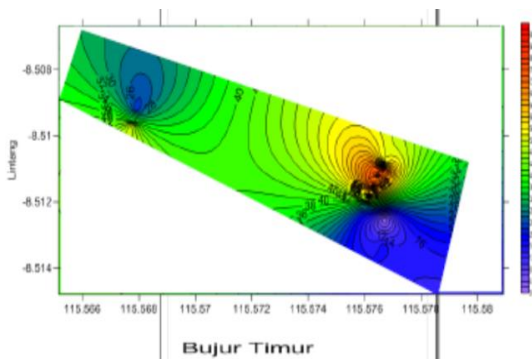
Gambar 5. Lintasan dua



Gambar 6. Lintasan tiga

Bila diperhatikan kontur masing-masing penampang lintasan, dapat dikatakan bahwa pada masing-masing penampang terdapat daerah-daerah yang memiliki resistivitas sangat kecil dengan nilai resistivitas antara 0,35-70 Ωm yang diduga sebagai daerah-daerah terintrusi air laut sesuai dengan Tabel 1.

Gambaran intrusi secara keseluruhan didapatkan dengan cara menggabungkan semua hasil pengukuran kemudian dibuat peta kontur resistivitas per kedalaman masing-masing yaitu pada kedalaman 5 m dan 10 m seperti nampak pada Gambar 7.

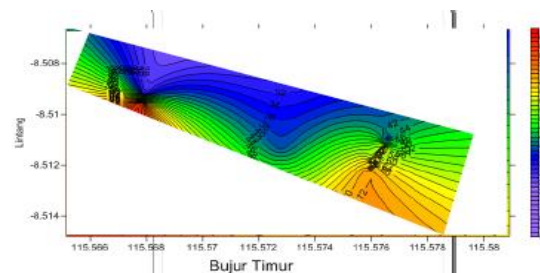


Gambar 7. Kontur resistivitas daerah penelitian pada kedalaman 5 m

Wijyantari *et al* (2017) melakukan penelitian nilai *conductivity* pada 5 buah sumur yang juga terletak di lokasi penelitian seperti yang digambarkan pada Gambar 9 dengan jarak dari garis pantai dan tinggi air tanah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kedalaman sumur dan tinggi air tanah.

Sumur	Jarak dari garis pantai (m)	Kedalaman sumur (m)	Tinggi air tanah (m)
1	81,52	3,6	0,899
2	85,19	3,7	0,986
3	95,84	7,3	1,040
4	143,88	3,5	0,599
5	174,39	5,5	1,076



Gambar 8. Kontur resistivitas daerah penelitian pada kedalaman 10 m



Gambar 9. Lokasi sumur pada daerah penelitian

Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa nilai *conductivity* menurun, jika jarak sumur semakin jauh dari garis pantai. Terdapat 3 sumur yang terintrusi air laut dengan nilai *conductivity* lebih dari 1000 ms/cm, ketiga sumur tersebut memiliki jarak <100 m dari garis pantai.

Dari Gambar 7 tampak bahwa pada kedalaman 5 m, adanya sebaran resistivitas antara 5 – 30 ohm.m (berwarna biru) yang menandakan telah adanya intrusi air laut ringan. Tetapi di daerah tenggara penelitian (8° 30'45.9" LS dan 115° 34'36.6" BT - 8° 30'49.6" LS dan 115° 34'50.0" BT) terdapat resistivitas yang lebih kecil lagi, yaitu antara 5 – 15 ohm.m (bitu tua) tanda airnya sudah payau. Pada kedalaman 10 m nampak bahwa sebaran nilai resistivitasnya sudah mulai naik, 30 – 70 ohm.m, yang berarti intrusi air lautnya mulai nampak berkurang, namun air tanahnya masih dalam kategori air kualitas menengah sebagai akibat intrusi air laut walaupun sedikit sekali. Hal ini terjadi karena pengambilan air yang dilakukan di lokasi penelitian adalah pada sumur dangkal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan Tabel 2. Kedalaman sumur tidak lebih dari 8 m dengan tinggi air tanah sekitar 1 m dari muka tanah (Wijyantari *et al*, 2017).

Dengan demikian hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah Pariwisata Candidasa sudah mulai terlihat adanya intrusi air laut dalam status belum mengkhawatirkan. Keadaan ini dapat berubah menjadi status mengkhawatirkan bila ada peningkatan pengambilan air tanah pada sumur-sumur dangkal, selain itu struktur geologi di Candidasa bagian atas terdiri dari pasir aluvium.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dirangkum dari hasil penelitian ini adalah bahwa kontur resistivitas menunjukkan bahwa telah ada intrusi air laut di Kawasan Pariwisata Candidasa dengan status ringan di daerah tenggara pada kedalaman 5-10 m. Nilai resistivitas batuan yang terukur di lokasi penelitian untuk semua lintasan berkisar 0,35 – 1800 ohm.m. Ini menunjukkan bahwa di daerah Pariwisata Candidasa telah terjadi intrusi air laut yaitu pada daerah yang resistivitasnya 0,5 – 30 ohm.m.

Untuk menjaga agar intrusi air laut tidak bertambah, para *stakeholder* perlu memberikan bimbingan teknis kepada para pelaku pariwisata di Kawasan Pariwisata Candidasa tentang tatacara pencegahan intrusi air laut.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada pemberi dana penelitian atau donatur yaitu LPPM Universitas Udayana dalam bentuk Hibah Unggulan Program Studi. Ucapan terima kasih dapat juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

Daftar Pustaka

Adepelumi, A. A., Ako, B. D., Ajayi, T. R., Afolabi, O., & Omotoso, E. J. (2009). Delineation of saltwater intrusion into the freshwater aquifer of Lekki Peninsula, Lagos, Nigeria. *Environmental Geology*, 56(5), 927-933.

Ashriyanti, H. (2011). *Kajian Kerentanan pada Wilayah Terintrusi Air laut di DKI Jakarta* (Doctoral dissertation, Tesis tidak dipublikasikan. FMIPA PPS Ilmu Geografi UI, Depok).

Indriatmoko, R. H., & Herlambang, A. (2005). Pendugaan potensi air tanah dengan metoda resistivitas dua dimensi di wilayah pesisir untuk perencanaan pembangunan air bersih di Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur. *Jurnal Air Indonesia*, 1(3). 332 – 339.

Hendrayana, H. (2002). *Intrusi air asin ke dalam akuifer di daratan*, Yogyakarta: Departemen Teknik Geologi, FT UGM.

Santosa, T., Piyantari, N., & Hiskiawan P. (2013). Pendugaan intrusi air laut dengan metode geolistrik resistivitas 1D di Pantai Payangan Desa Sumberejo Jember. *Berkala Sainstek*, 1(1), 17-19.

Simpen, I. N. (2016). Pemetaan dan Kajian Akuifer dengan Metode Geolistrik serta aplikasinya pada Peternakan Ayam Petelur. *Disertasi*, Program Pasca Sarjana Unud, Denpasar.

Wijyantari, I. A. M, Pujianiki, N. N. dan Sila Dharma, I. G. N. (2017). Studi Intrusi Air Laut di Kawasan Candidasa Karangasem. *Thesis*, Program Pasca Sarjana Unud, Denpasar.

Sosrodarsono, S. & Takeda, K. (2003). *Hidrologi untuk pengairan*, PT. Pradnya Paramita.

Telford, W. M. , Geldart, L. P. , Sherif, R. E., & Keys, D. D. (1990). *Applied geophysics*, (1st Ed.). New York, Cambridge: Cambridge University Press.