

Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Kajian Fluktuasi Muka Air Tanah dan Karakteristik Akuifer di Kecamatan Denpasar Selatan Kota Denpasar

KADEK ARI DEWI WAHYUNI
R. SUYARTO^{*)}
TATI BUDI KUSMIYARTI

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana
Jl. PB. Sudirman Denpasar Bali 80231

^{*)}Email: rsuyarto@unud.ac.id

ABSTRACT

Application of Geographic Information System for Study of Water Table Fluctuations and Characteristics of Aquifers in the South Denpasar District

The water needs of the population in South Denpasar District vary greatly depending on community activities. The population and activities of the community that need clean water continue to increase, on the other hand the PDAM of Denpasar City is only able to meet the clean water needs of the population of 46.06% (PDAM Kota Denpasar, 2017). People who have not yet connected PDAM services use ground water as an alternative to making dug wells or bore wells. Excessive use of ground water and exceeding safe discharge will affect groundwater degradation. The purpose of this study was to determine groundwater fluctuations and aquifer characteristics. The method used is a field survey method and quantitative descriptive using ArcGIS 10.4 software. The results showed that the dry season water table depth ranged from 0,8 to 5 m and the rainy season ranged from 0,5 to 3,9 m with groundwater fluctuations ranging from 0.04 to 1,3 m. The direction of groundwater flow from the north to the south with degree N 183° E. A good aquifer is composed of medium-sized sand material, and medium sized brown sand material. Limited aquifers are composed of weathered meosen limestone and sea coral with a discharge of 5-10 liters/second.

Keywords: Groundwater, Fluctuations, Aquifers, GIS

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Air merupakan elemen penting di muka bumi sebagai sumber kehidupan dalam memenuhi kebutuhan sehari – hari (*domestic life*). Kebutuhan air di Kecamatan Denpasar Selatan sangat bervariasi tergantung pada aktivitas masyarakat. Jumlah penduduk di Denpasar Selatan menurut BPS Kota Denpasar (2017) mencapai 296.060 jiwa. Besarnya jumlah penduduk dan aktivitas masyarakat menyebabkan tingginya kebutuhan akan air bersih. PDAM Kota Denpasar (2017) hanya mampu

memenuhi kebutuhan air bersih sebesar 46,06%. Kondisi ini menyebabkan masyarakat yang belum mendapatkan air bersih menggunakan alternatif lain yaitu pengambilan air tanah dengan pembuatan sumur gali atau pun sumur bor. Keberadaan air tanah di suatu daerah dipengaruhi oleh tipe geologi, dan jenis akuifer. Todd (1980) menjelaskan akuifer merupakan formasi batuan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air. Lebih lanjut Suyarto (2012) menyatakan bahwa akuifer di Kota Denpasar terutama Denpasar Barat memiliki akuifer bebas pada bagian selatan dan akuifer semi tertekan di bagian tengah.

Air tanah di Denpasar termasuk ke dalam Cekungan Air Tanah (CAT) Denpasar-Tabanan telah mengalami degradasi air tanah dari segi kuantitas maupun kualitas yang ditandai dengan terjadinya fluktuasi muka air tanah (Tirtonihardjo 2011). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui fluktuasi muka air tanah dan karakteristik akuifer di Kecamatan Denpasar Selatan. Analisis data secara spasial dilakukan menggunakan Sistem Informasi Geospasial (SIG) untuk mempersiapkan data dasar sebagai acuan serta pertimbangan masyarakat, dan pemerintah daerah dalam penyusunan kebijakan pemanfaatan air tanah.

2. Bahan dan Metode

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Oktober 2018 sampai dengan Maret 2019. Lokasi pengambilan sampel penelitian adalah di masing-masing desa di Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar sedangkan analisis data penelitian dilakukan di Pusat Pengembangan Infrastruktur Informasi Geospasial (PPIIG) Fakultas Pertanian Universitas Udayana.

2.2 Bahan dan alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: Citra Satelit Resolusi Tinggi Kecamatan Denpasar Selatan tahun 2015 yang diperoleh dari BIG (Badan Informasi Geospasial), Peta RBI Digital Kecamatan Denpasar Selatan skala 1:25.000 tahun 2000, Peta Hidrogeologi Provinsi Bali skala 1:250.000 tahun 1986 yang diperoleh dari Dinas ESDM (Energi Sumber Daya Mineral) Provinsi Bali, DEMNAS dengan resolusi 0,27 *arcsecond* yang diperoleh dari BIG, data *boring* tanah yang berupa data litologi dari PDAM. Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain: benang kasur dan meteran untuk mengukur kedalaman muka air tanah secara aktual di lapangan, 1 unit GPS Garmin Montana 680 dengan tingkat akurasi yang mencapai 3 meter, kamera, *Software ArcGIS* 10.4, digunakan untuk analisis air tanah dan *Software ArcScene* 10.4 yang digunakan untuk visualisasi 3D fluktuasi air tanah.

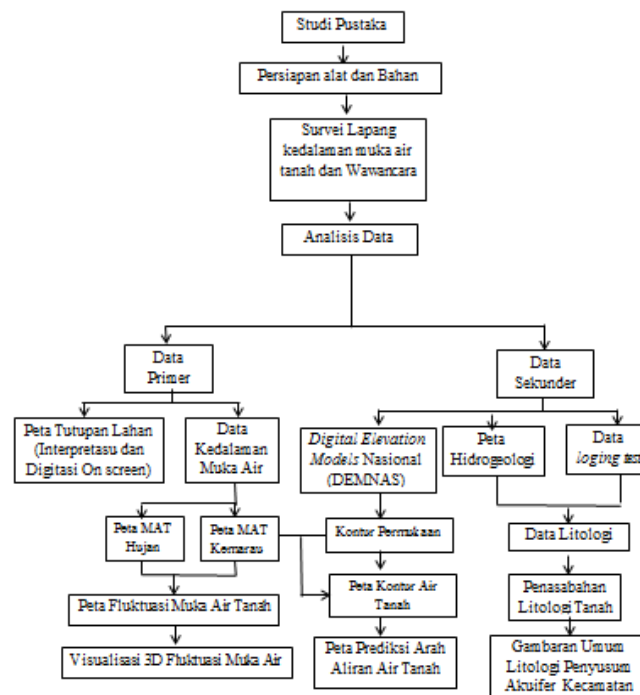
2.3 Pelaksanaan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah survei lapang untuk mengukur kedalaman muka air tanah dan wawancara kepada pemilik sumur untuk mengetahui kondisi sumur gali yang digunakan sebagai sampel. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini adalah *Purposive Sampling*. Menurut Riduwan (2010) *purposive sampling* adalah teknik sampling yang dilakukan dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu. Titik sampel diambil di rumah penduduk dengan mempertimbangkan batas administrasi kecamatan. Penentuan jumlah sampel ditentukan berdasarkan keberadaan sumur gali dilapangan mengingat jumlah sumur gali di lapangan sangat sedikit. Hasil survei lapang digambarkan dengan metode deskriptif kuantitatif yaitu menggambarkan fenomena-fenomena objek yang dikaji berdasarkan angka-angka dan dapat dijelaskan untuk menggambarkan suatu data (Hamdi dkk, 2014). Data kedalaman muka air tanah yang diperoleh dibagi menjadi beberapa interval yang didasari oleh data kedalaman muka air tanah Kota Denpasar untuk mengetahui daerah imbuhan maupun lepasan air tanah dan sebaran fluktuasi muka air tanah. Nilai interval yang digunakan yaitu: 0,00-5,00 m, 5,01-10,00 m, 10,01-15,00 m, 15,01-20,00 m dan >20,00 m.

Fluktuasi muka air tanah secara manual diperoleh dari selisih kedalaman muka air tanah saat musim kemarau dan musim penghujan, sedangkan secara digital menggunakan fitur *raster calculator* pada *software ArcGIS 10.4*. Interpolasi musim kemarau dan penghujan diperoleh menggunakan fitur IDW (*Inverse Distance Weighted*). Data fluktuasi kedalaman air tanah yang telah diperoleh di *overlay* dengan data sekunder berupa data ketinggian yang diperoleh dari DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*) menggunakan *software ArcScene 10.4* untuk menghasilkan fluktuasi dalam bentuk 3D.

Arah aliran air tanah dianalisis secara manual dengan metode *three point problem* dan secara digital dengan *Software ArcGIS 10.4*. Secara manual metode *three point problem* dilakukan dengan mengurangi data ketinggian permukaan dengan kedalaman muka air tanah. Hasil pengurangan tersebut kemudian dipilih beberapa titik yang membentuk segitiga dan kemudian ditarik tegak lurus menuju nilai yang lebih kecil sehingga didapatkan arah aliran air tanah. Analisis arah aliran air tanah secara digital menggunakan *ArcGIS 10.4* dilakukan dengan menghitung selisih ketinggian permukaan tanah dan kedalaman muka air tanah, kemudian tarik garis antara tinggi muka air tanah sama sehingga membentuk kontur muka air tanah. Kontur air tanah ini selanjutnya diinterpolasi dan menghasilkan arah aliran air tanah.

Data sekunder berupa data bor susunan batuan (*logging test*) yang diperoleh dari PDAM Kota Denpasar dianalisis dengan cara menghubungkan (menasabahkan) lapisan-lapisan litologi yang sama pada data bor yang satu dengan yang lain sehingga dapat diketahui lapisan litologi yang membentuk akuifer di Kecamatan Denpasar Selatan. Bagan alir penelitian disajikan pada Gambar 1.

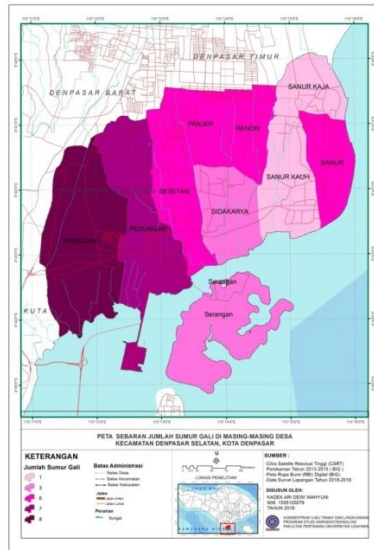


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Sebaran Sumur Gali di Kecamatan Denpasar Selatan

Berdasarkan hasil survei lapangan diketahui bahwa sebagian masyarakat di Kecamatan Denpasar Selatan masih menggunakan air tanah dangkal berupa sumur gali untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Sumur gali ditemukan hampir merata di semua desa dengan jumlah yang bervariasi. Desa Pemogan desa dengan jumlah sumur gali yang paling banyak yaitu 8. Banyaknya masyarakat yang masih memanfaatkan sumur gali di desa ini disebabkan oleh aliran PDAM yang belum merata. Menurut data PDAM, wilayah Denpasar Selatan baru terlayani sebanyak 46.06% (PDAM Kota Denpasar, 2017). Biaya yang dikeluarkan untuk menggunakan sumur gali yang relatif lebih murah dibandingkan dengan penggunaan PDAM dan sumur bor juga menjadi penyebab sebagian masyarakat lebih memilih menggunakan sumur gali. Sebaran sumur gali disajikan pada Gambar 2.

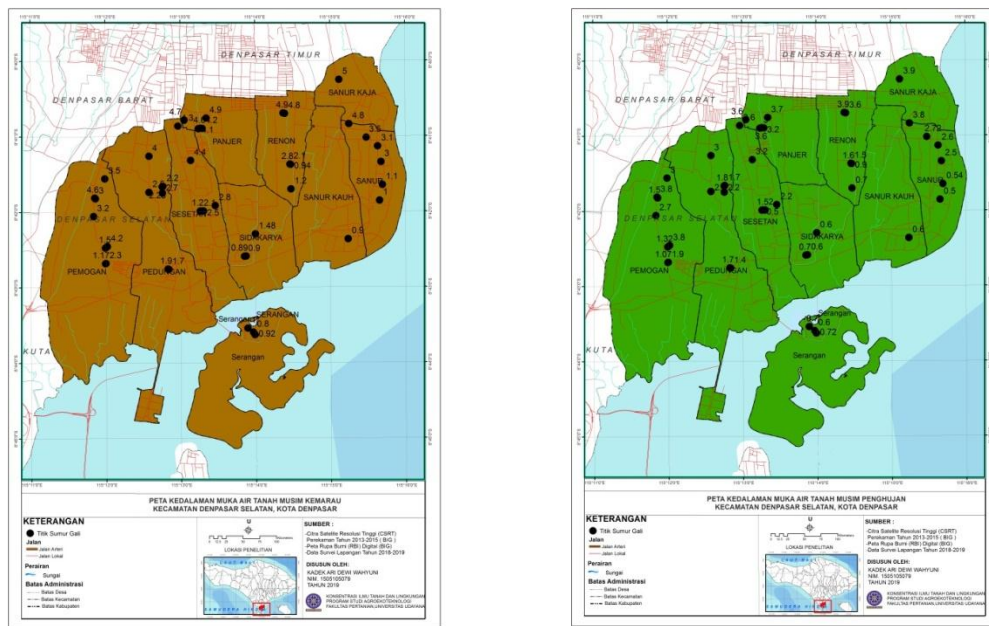


Gambar 2. Sebaran Sumur Gali di Masing-Masing Desa Kecamatan Denpasar Selatan

3.1.2 Kondisi Muka Air Tanah Pada Saat Musim Kemarau dan Musim Hujan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kedalaman muka air tanah saat musim kemarau berkisar antara 0,8 – 5 m dan musim penghujan berkisar antara 0,5 – 3,9 m. Desa Sanur Kaja memiliki tingkat kedalaman muka air tanah paling tinggi yaitu 5 m saat musim kemarau dan 3,9 m saat musim penghujan. Hal ini disebabkan oleh intensitas penggunaan air tanah yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lain. Penggunaan air dengan intensitas yang tinggi dapat mengakibatkan muka air tanah semakin dalam. Nurnawati (2015) menyatakan bahwa penggunaan air tanah dari suatu sistem akuifer dengan intensitas yang tinggi dan melampaui jumlah rata-rata imbuhan dapat menyebabkan penurunan muka air tanah secara menerus serta pengurangan cadangan air tanah dalam akuifer yang menyebabkan muka air tanah menjadi lebih dalam.

Kedalaman muka air tanah di Kecamatan Denpasar Selatan tergolong dalam interval 0,00 – 5,00 m. Kondisi muka air tanah yang tergolong dangkal ini disebabkan karena letak Kecamatan Denpasar Selatan secara topografis cenderung datar dan dekat dengan pantai sehingga dapat dikatakan bahwa Kecamatan Denpasar Selatan merupakan daerah lepasan air tanah (*discharge area*) yang cenderung memiliki muka air tanah dekat dengan permukaan tanah. Menurut Koedati (2012) daerah lepasan air tanah yang terletak di daerah dataran rendah juga mampu meresap air hujan ke dalam zona tidak jenuh air sehingga mengubah zona tidak jenuh menjadi zona jenuh air, akibatnya muka air tanah naik menjadi semakin dangkal bahkan dekat ke permukaan tanah. Peta sebaran kedalaman muka air tanah saat musim kemarau dan musim penghujan disajikan pada Gambar 3a dan 3b

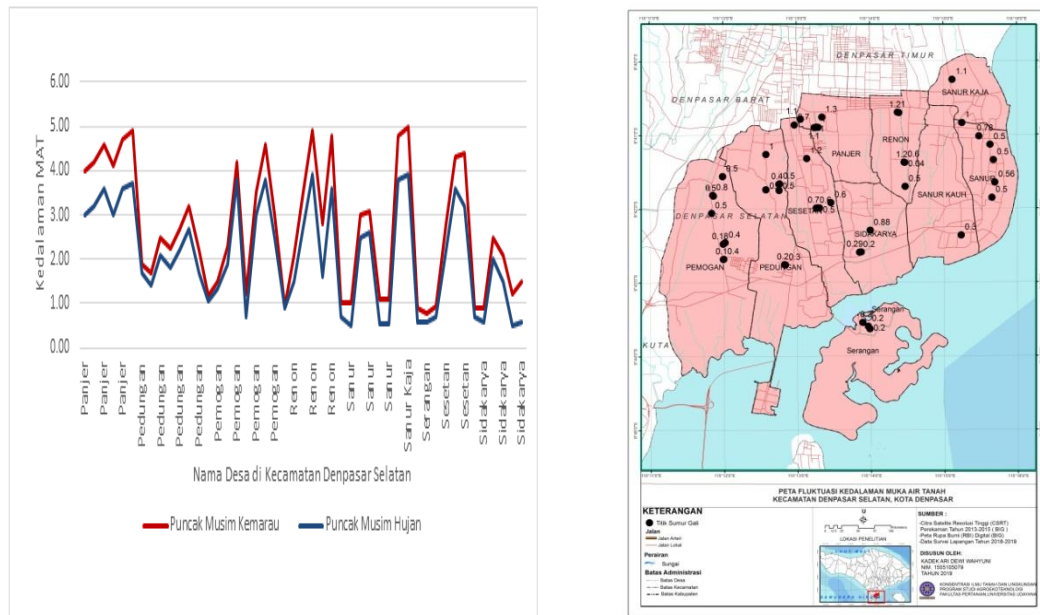


Gambar 3. Peta Kedalaman Muka Air Tanah; (a) Musim Kemarau (b) Musim Hujan

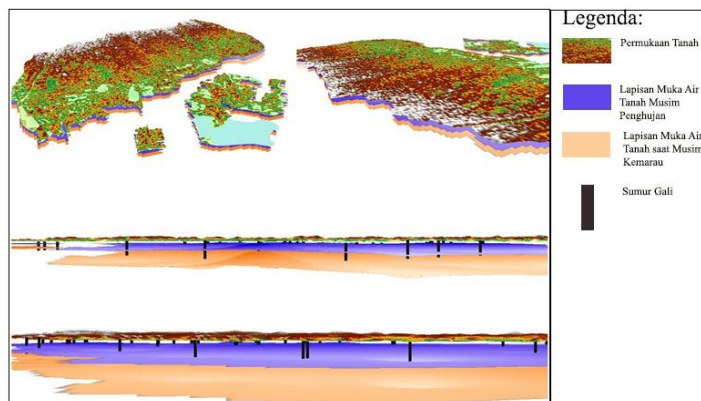
3.2 Fluktuasi Air Tanah di Kecamatan Denpasar Selatan

Fluktuasi muka air tanah merupakan selisih kedalaman muka air tanah saat musim kemarau dan musim penghujan. Fluktuasi kedalaman muka air tanah ditampilkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 4a. Sebaran fluktuasi muka air tanah di Kecamatan Denpasar Selatan berkisar antara 0,04 – 1,3 m. Desa Panjer memiliki tingkat fluktuasi paling tinggi dengan angka 1,3 m dan yang paling rendah adalah di salah satu sumur di Desa Renon dengan angka fluktuasi sebesar 0,04 m. Fluktuasi di masing-masing sumur sampel disajikan pada Gambar 4b. Visualisasi 3D fluktuasi air tanah dapat memberikan gambaran lapisan air tanah pada musim yang berbeda, dimana pada beberapa titik menunjukkan adanya cekungan yang memberikan gambaran fluktuasi muka air tanah. Visualisasi 3D fluktuasi muka air tanah di sajikan pada Gambar 6b.

Tingginya fluktuasi yang terjadi di Panjer diprediksi dipengaruhi oleh tutupan lahan, dimana Panjer memiliki tutupan lahan berupa pemukiman yang cukup padat. Menurut Hasfarila, dkk (2014) fluktuasi permukaan air tanah di pengaruhi oleh tutupan lahan, yang mana semakin besar dan semakin luas kawasan terbangun, maka tingkat fluktuasi permukaan air tanah semakin besar.



Gambar 4. Fluktuasi Muka Air Tanah; (a) Grafik Fluktuasi (b) Peta Sebaran Fluktuasi



Gambar 5. Visualisasi 3D Fluktuasi Muka Air Tanah

3.3 Arah Aliran Air Tanah di Kecamatan Denpasar Selatan

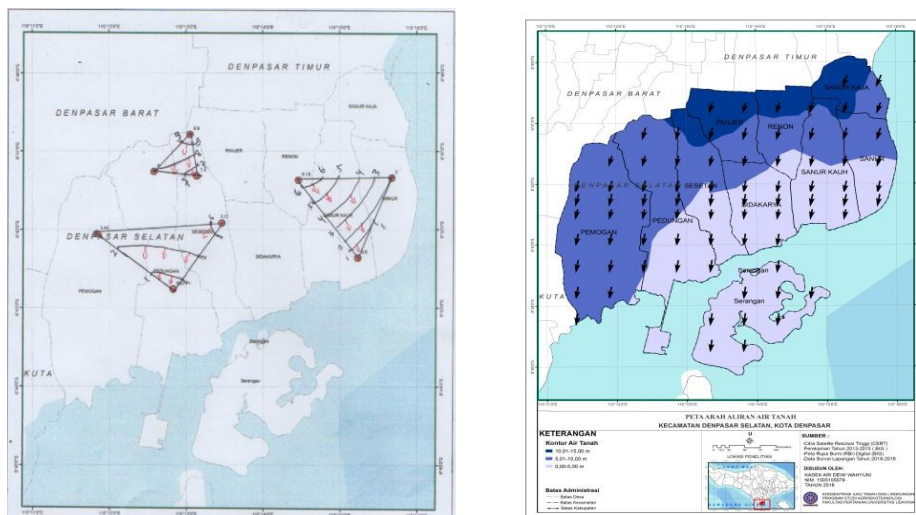
Arah aliran air tanah dapat diketahui dengan menganalisis peta kontur air tanah. Peta kontur air tanah dihasilkan dari pengurangan nilai topografi di Kecamatan Denpasar Selatan dengan kedalaman muka air tanah. Data pengurangan tersebut selanjutnya divisualisasi dengan *software ArcGIS 10.4* dengan interval kontur 5 m. Peta kontur air tanah disajikan pada Gambar 6.

Kontur air tanah Kecamatan di Kecamatan Denpasar Selatan menunjukkan kerapatan garis kontur air tanah yang renggang dengan ketinggian kontur 5 m dan 10 m. Hal ini juga ditunjukkan oleh kemiringan lereng wilayah Denpasar Selatan adalah 0-5% yang merupakan daerah dataran rendah dikelilingi pantai. Arah aliran air tanah dapat diketahui secara manual dengan metode *three point problem* ataupun secara

digital dengan *software ArcGIS 10.4* yang disajikan pada Gambar 7a dan 7b. Hasil analisis arah aliran air tanah baik secara manual ataupun dengan menggunakan *software ArcGIS 10.4* menunjukkan bahwa aliran air tanah di Kecamatan Denpasar Selatan bergerak menuju ke selatan yaitu ke laut dengan sudut $U\ 183^{\circ}$ T. Topografi wilayah Denpasar Selatan bagian utara lebih tinggi dibandingkan wilayah selatan, hal ini menyebabkan arah aliran air tanah menuju ke selatan. Menurut Suharyadi (1984) arah aliran air tanah dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi yang menyebabkan air tanah bergerak dari kontur air tanah yang tinggi ke kontur air tanah yang lebih rendah.



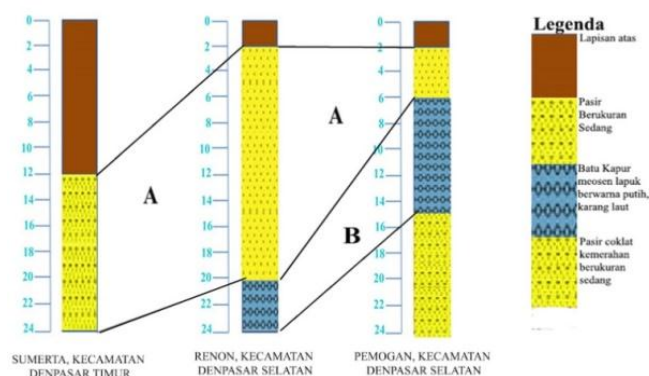
Gambar 6. Kontur Air Tanah



Gambar 7. Arah Aliran Air Tanah (a) Peta Arah Aliran Air Tanah dengan Metode *Three Point Problem*; (b) Peta Arah Aliran menggunakan *ArcGIS 10.4*

3.4 Karakteristik Akuifer

Berdasarkan hasil penasabahan diketahui susunan litologi berupa pasir berukuran sedang dan pasir coklat yang ditandai dengan huruf A merupakan akuifer yang dapat mengalirkan dan menyimpan berukuran sedang air tanah dengan baik dan memiliki kelulusan yang tinggi berupa pasir berukuran sedang, dan pasir coklat berukuran sedang. Lapisan dengan huruf B merupakan akuifer terbatas berupa batu kapur meosen lapuk dan karang. Menurut Darsono (2016) batuan yang termasuk akuifer adalah pasir lempungan, pasir, pasir kerikil, pasir kerakalan dan breksi. Menurut Suharyadi (1984) batu kapur dan karang laut yang mengalami pelapukan sehingga memiliki retakan, dan lubang pelarutan akan memungkinkan batuan ini berperan sebagai akuifer terbatas. Hasil penasabahan juga menunjukkan bahwa akuifer dangkal ditemukan hingga kedalaman 24 m, dengan debit 5-10 liter/detik. Penasabaha Data *logging test* disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Penasabahan Data Bor

4 Kesimpulan dan Saran

4.2 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Tingkat kedalaman muka air tanah saat musim kemarau berkisar antara 0,8 – 5 m dan musim penghujan berkisar anatara 0,5 – 3,9 m dengan fluktuasi muka air tanah berkisar 0,04 – 1,3 m.
2. Arah air tanah di Kecamatan Denpasar Selatan bergerak menuju ke selatan yaitu ke laut dengan sudut $U 183^{\circ}$ T.
3. Kecamatan Denpasar Selatan memiliki akuifer dangkal sampai kedalaman 24 m dengan penyusun berupa pasir, pasir coklat berukuran sedang yang dapat berperan sebagai akuifer baik dan batu kapur meosen, karang laut dapat berperan sebagai akuifer terbatas. Debit air tanah yang ada pada akuifer berkisar pada angka 5-10 liter/detik.

4.2 *Saran*

Berdasarkan penelitian ini saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Dianjurkan kepada masyarakat yang ingin membuat sumur gali di Kecamatan Denpasar Selatan dapat melakukan penggalian sedalam 5 m untuk menemukan muka air tanah.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait air tanah dan Karakteristik akuifer

Daftar Pustaka

- Darsono*. 2016. Identifikasi Akuifer Dangkal dan Akuifer Dalam dengan Metode Geolistrik (Kasus: Di Kecamatan Masaran). Indonesian Journal of Applied Physics (2016) Vol. No. Halaman 40
- Hamdi, A.S., dan Bahruddin, E. 2014. Metode Penelitian Kuantitatif Aplikasi dalam Pendidikan. Yogyakarta. Deepublish
- Hasfarila, H., Kusratmoko, E., dan Supriatna. 2014. Perubahan Fluktuasi Permukaan Air Bawah Tanah di Daerah Aliran Ci Leungsi Hulu Jawa Barat. Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok
- Kodoatie, R.J., dan Syarief, R. 2010. Tata Ruang Air. Yogyakarta. Andi Offset.
- Nurnawaty. Inarmiwati. 2015. Modal Penurunan Muka Air Tanah Akibat Pemompaan Air Tanah. Universitas Muhammadiyah Makasar
- Riduwan. 2010. Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian. Alfabeta, Bandung
- Suharyadi. 1984. Diktat Kuliah Geohidrologi. Yogyakarta.
- Suyarto, R. 2012. Kajian Akifer Di Kecamatan Denpasar Barat Provinsi Bali. Bumi Lestari Journal of Environment, 12 (1), pp. 162 – 167
- Tirtomihardjo, H., dan Setiawan, T. 2011. Simulasi Aliran Air Tanah Cekungan Air Tanah Denpasar-Tabanan, Provinsi Bali. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 6 (3): 145-163
- Todd, D. K. 1980. Groundwater Hydrology, John Wiley and Sons, New York