

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

PUTU SINTAYANI BUANA
WIYANTI*)
R. SUYARTO

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

*)Email: wiyanthi@unud.ac.id

ABSTRACT

Application of Geographic Information System for Study of Water Table Fluctuations and Characteristics of Aquifers in the East Denpasar Subdistrict Region Denpasar City

The growth of development and population in East Denpasar causing domestic water are increasing. In the other hand the water supply from Water Supply Company (PDAM) has not been able to serve all the needs of the community, so they use another alternative form of groundwater extraction. The increased water demand from groundwater causing groundwater degradation which is reflected by the decreasing quality and water table fluctuation level.

This research aims to determine the fluctuations and depth distribution of water table, flow direction and characteristics of aquifers. The method used is survey method and analyzed with descriptive quantitative. Spatially the data is presented with Geographic Information Systems (GIS) using ArcGIS software. The results showed that the depth of the water table in the dry season ranged from 0,74-24 m and the rainy season ranged from 0,15-15,82 m with a range of water table fluctuations is 0,59-8,18 m. The flow direction of groundwater moves from north to south and partly inclines to southeast or southwest with an angle greater than N 185° E. The types of aquifers found were unconfined aquifers up to a depth of 160 m and the rock constituent material form of sand/sandstone, compact sand, loose sand, clay sand, volcanic ash/tuff and gravel.

Keywords: *groundwater, water table fluctuation, aquifers, GIS*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Air tanah merupakan komponen siklus hidrologi, sehingga pada kondisi geologi tertentu perjalanan air tanah memerlukan waktu yang lama yakni hingga ribuan tahun. Apabila air tanah diambil secara berlebihan akan menimbulkan

penurunan muka air tanah atau kelangkaan bahkan air akan habis. Perkembangan pembangunan serta jumlah penduduk di Denpasar Timur turut serta menyebabkan kebutuhan air bersih meningkat. Dilain pihak, pasokan air dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) belum mampu untuk melayani seluruh kebutuhan masyarakat akan air bersih. Menurut data PDAM Kota Denpasar (2018) sebesar 40,58% penduduk di Denpasar Timur belum terlayani oleh PDAM dan beberapa daerah belum tersambung jaringan PDAM, sehingga dalam memenuhi kebutuhan air bersih dipasok dari air tanah berupa sumur gali atau sumur bor.

Peningkatan kebutuhan air bersih yang banyak dari air tanah menyebabkan degradasi air tanah yang dicerminkan oleh menurunnya kualitas serta tingginya fluktuasi muka air tanah. Air tanah tersimpan pada lapisan bawah tanah yang disebut akuifer. Todd (1980) menjelaskan bahwa akuifer merupakan suatu formasi batuan yang mengandung air dimana terdapat sifat akuifer untuk dapat menyimpan dan mengalirkan air. Ketersediaan air tanah dapat ditunjukkan melalui karakteristik akuifer berupa susunan batuan atau litologinya (Purnama, dkk., 2017). Akuifer Kota Denpasar terutama bagian barat dominan merupakan akuifer bebas dengan kedalaman sampai lebih dari 24 m (Suyarto, 2012). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui fluktuasi dan sebaran kedalaman muka air tanah, arah aliran serta karakteristik akuifer. Analisis data menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG).

2. Bahan dan Metode

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada November 2018 sampai dengan Maret 2019. Penelitian dilakukan di Kecamatan Denpasar Timur. Analisis SIG dilakukan di Pusat Pengembangan Infrastruktur Informasi Geospasial (PPIIG) Universitas Udayana.

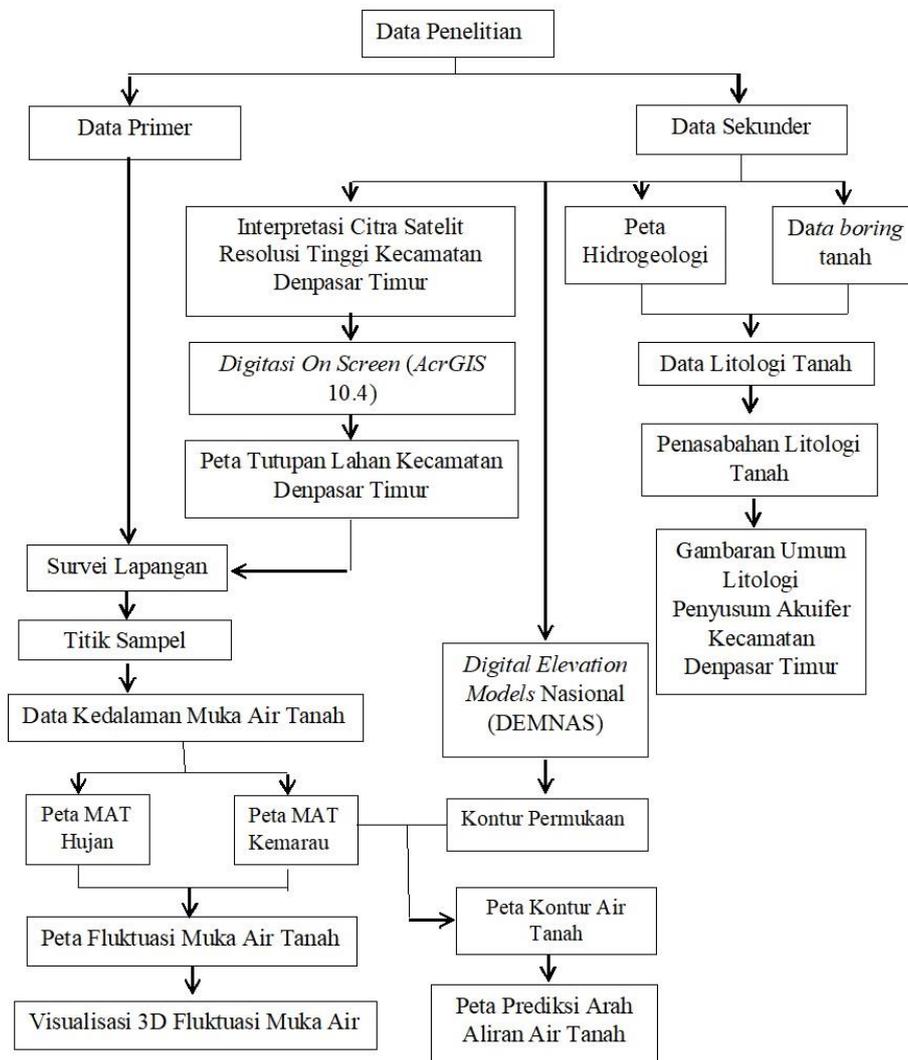
2.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Citra Satelit Resolusi Tinggi (CSRT), Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Digital skala 1:25.000, Peta Hidrogeologi Pulau Bali skala 1:250.000, *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS) dengan resolusi 0,27 *arcsecond* yang diperoleh dari BIG, data boring yang diperoleh dari PDAM Kota Denpasar. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: *Software ArcGIS 10.4*, *Global Positioning System (GPS)* Garmin Montana 680, kamera, benang dan meteran.

2.3 Pelaksanaan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei pada pengumpulan data primer, dengan mencari keberadaan sumur gali di lokasi penelitian. Penentuan titik sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* yaitu teknik pengambilan sampel yang dilakukan peneliti secara sengaja berdasarkan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2016). Data sekunder berupa litologi sumur bor diperoleh dari PDAM Kota Denpasar. Analisis fluktuasi, arah aliran dan karakteristik akuifer dilakukan

menggunakan *software ArcGIS 10.4*. Data fluktuasi muka air tanah juga disajikan dalam bentuk 3D menggunakan *software ArcScene 10.4*. Menurut Musnanda Satar (2014), *ArcScene* merupakan sebuah perangkat lunak yang cocok untuk menghasilkan pandangan dengan perspektif yang memungkinkan untuk melakukan navigasi dan berinteraksi dengan fitur 3D. Pelaksanaan penelitian meliputi beberapa tahapan yaitu: studi pustaka, pengumpulan data primer dan sekunder, analisis data primer dan sekunder. Adapun bagan alir tahapan penelitian disajikan pada Gambar 1.



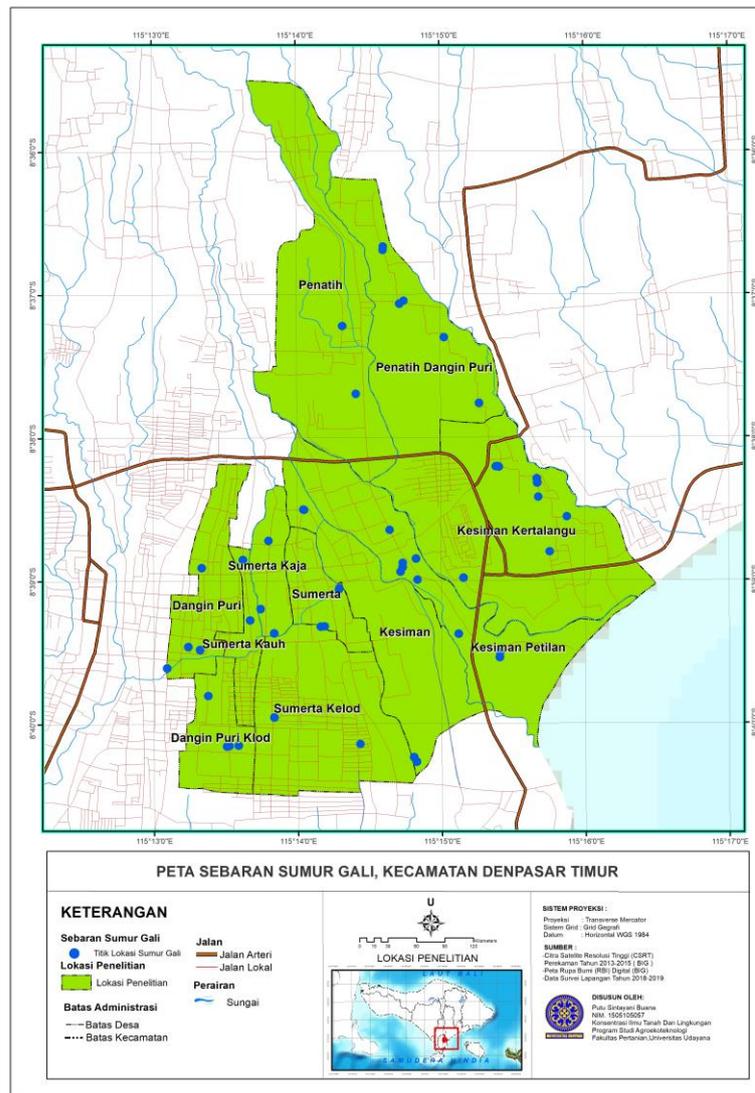
Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Sumur Gali

Hasil survei lapangan didapatkan 50 buah sumur gali yang tersebar di seluruh Desa/Kelurahan. Sumur gali paling banyak ditemukan di Desa Kesiman Kertalangu dengan jumlah 9 buah atau 18%. Sumur gali paling banyak kedua terdapat di Desa

Kesiman Petilan dengan jumlah 8 sumur atau 16%. Lebih lanjut Desa Penatih Dangin Puri ditemukan 6 buah sumur (12%), Desa Kesiman dan Kelurahan Dangin Puri masing-masing ditemukan 5 buah sumur (10%), Desa Sumerta dan Dangin Puri Klod ditemukan sejumlah 4 sumur (8%), Desa Sumerta Kaja sejumlah 3 buah (6%) dan yang paling sedikit berada di Desa Sumerta Kauh dan Sumerta Kelod sejumlah 2 buah (4%). Sebaran sumur gali secara spasial disajikan pada Gambar 2.

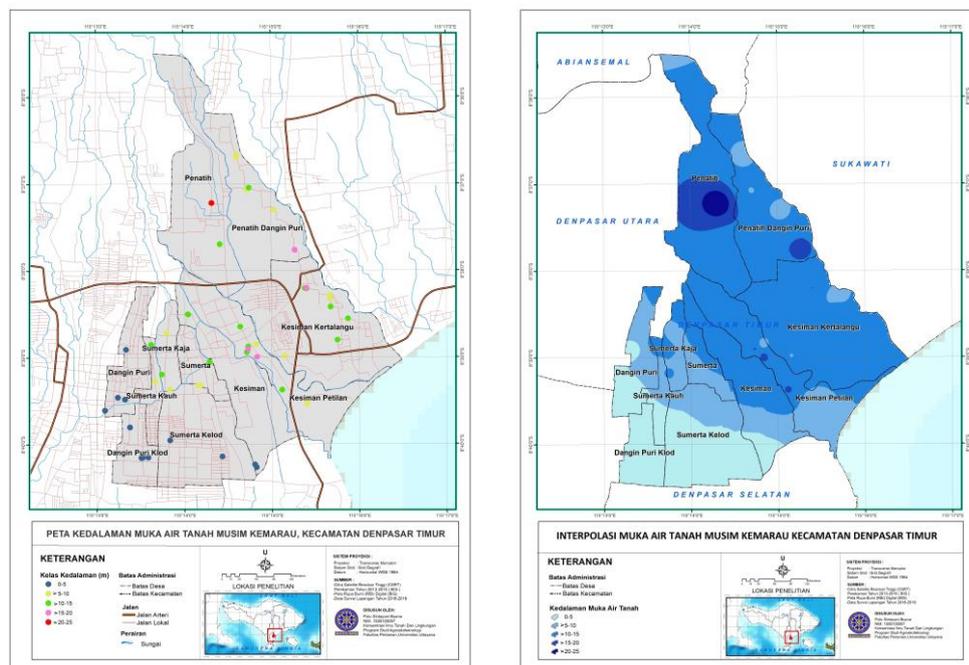


Gambar 2. Sebaran Sumur Gali di Kecamatan Denpasar Timur

Sumur gali yang ada di Kecamatan Denpasar Timur tergolong akuifer dangkal (Sudadi, dkk., 1986). Secara umum sebaran sumur gali yang ada saat ini lebih banyak digunakan untuk keperluan mencuci, menyiram, mandi dan sebagainya. Berdasarkan pengamatan di lapangan sebagian besar masyarakat yang menggunakan sumur gali juga dikombinasi dengan penggunaan air PDAM.

3.1.1 Kedalaman Muka Air Tanah pada Musim Kemarau

Kedalaman muka air tanah pada musim kemarau ini berkisar antara 0,74 – 24 m. Nilai kedalaman sumur diklasifikasikan menjadi 5 kelas dengan masing-masing nilai intervalnya 0-5 m, >5-10 m, >10-15 m, >15-20 m dan >20-25 m. Berdasarkan survei lapang, sumur gali dengan kedalaman muka air tanah 0-5 m ditemukan sejumlah 13 sumur (26%), kedalaman >5-10 m sejumlah 15 sumur (30%), kedalaman >10-15 m sejumlah 17 buah (34%), kedalaman >15-20 m sejumlah 4 sumur (8%) dan kedalaman >20-25 m hanya ditemukan 1 sumur (2%), (Gambar 3a). Kedalaman muka air tanah pada musim kemarau selanjutnya diinterpolasi menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weighted*) agar dapat mewakili seluruh populasi pada lokasi penelitian serta menunjukkan luas wilayah pada masing-masing interval muka air tanah. Kedalaman 0-5 m memiliki luas wilayah 488,91 ha, kedalaman >5-10 m memiliki luas wilayah 481,11 ha, >10-15 m merupakan kedalaman yang paling luas yakni 1.652,92 ha, kedalaman >15-20 m memiliki luas wilayah 151,36 ha dan kedalaman >20-25 m hanya memiliki luas wilayah 35,97 ha. Hasil interpolasi berdasarkan interval kedalaman muka air tanah disajikan pada Gambar 3b.

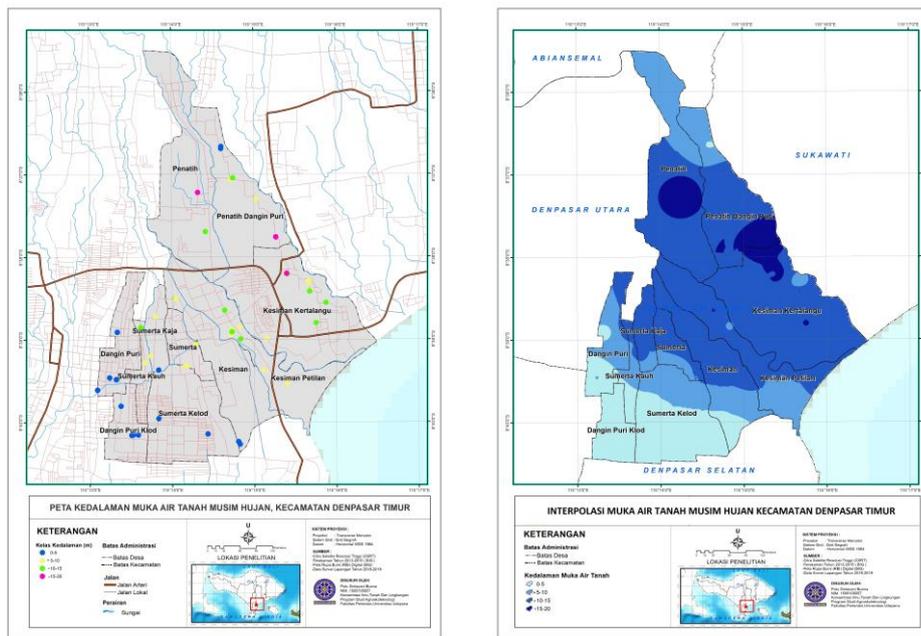


Gambar 3. (a) Peta Kedalaman Muka Air Tanah Musim Kemarau; (b) Interpolasi Muka Air Tanah Musim Kemarau

3.1.2 Kedalaman Muka Air Tanah pada Musim Hujan

Kedalaman muka air tanah pada musim hujan ini berkisar antara 0,13 – 15,83 m. Jumlah sumur pada kisaran kedalaman 0-5 m sejumlah 16 sumur (32%), kedalaman >5-10 m ditemukan sejumlah 19 sumur (38%), kedalaman >10-15 m

ditemukan sejumlah 12 sumur (24%) dan kedalaman >15-20 m ditemukan sejumlah 3 sumur (6%). Kedalaman muka air tanah yang paling tinggi yakni dengan interval >20-25 m tidak ditemukan selama musim hujan (Gambar 4a). Hasil interpolasi muka air tanah musim hujan menunjukkan kedalaman 0-5 m memiliki luas wilayah 555,62 ha, kedalaman >5-10 m memiliki luas wilayah 1056,81 ha, >10-15 m memiliki luas wilayah 1185,47 ha dan kedalaman >15-20 m memiliki luas wilayah 26,54 ha. Hasil interpolasi berdasarkan interval kedalaman muka air tanah disajikan pada Gambar 4b.



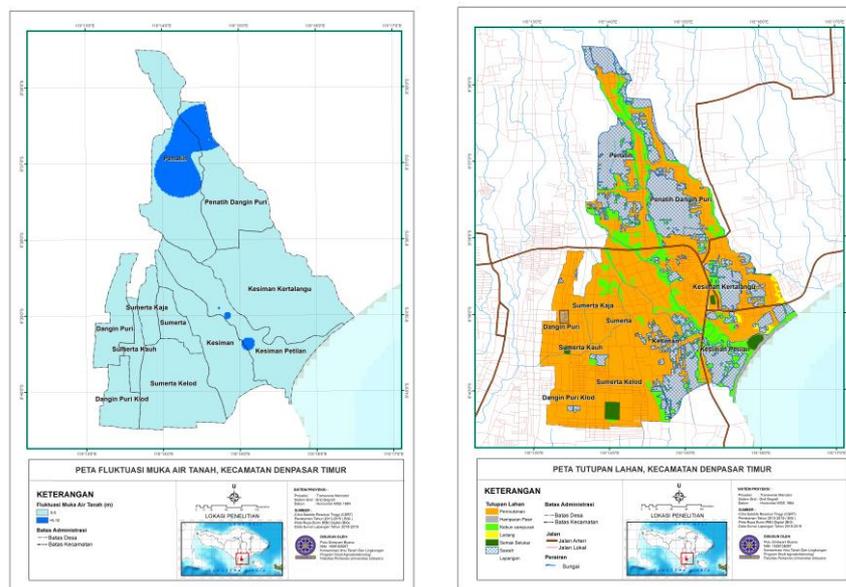
Gambar 4. (a) Peta Kedalaman Muka Air Tanah Musim Hujan; (b) Interpolasi Muka Air Tanah Musim Hujan

3.2 Fluktuasi Muka Air Tanah

Fluktuasi muka air tanah merupakan selisih antara muka air tanah pada musim kemarau dan musim hujan. Berdasarkan hasil penelitian kisaran fluktuasi muka air tanah yakni 0,59 - 8,18 m. Sebaran fluktuasi muka air tanah secara spasial diperoleh dari pengurangan hasil interpolasi muka air tanah musim hujan dengan interpolasi muka air tanah musim kemarau menggunakan *raster calculator* pada *software ArcGIS 10.4*. Sebaran fluktuasi muka air tanah secara spasial yang disajikan pada Gambar 5a. Sebagian besar wilayah Denpasar Timur didominasi fluktuasi muka air tanah dengan kisaran kedalaman 0-5 m yang mencakup luas wilayah 2.616,46 ha. Hal ini kemungkinan disebabkan karena wilayah tersebut merupakan daerah luhan air tanah atau yang biasa dikenal dengan daerah penampungan (*discharge area*). Menurut Kodoatie (2012) daerah luhan air tanah adalah daerah keluaran air tanah yang berlangsung secara alamiah pada Cekungan Air Tanah.

Letak daerah luahan biasanya berada di daerah hilir dengan morfologi berupa dataran rendah. Kecamatan Denpasar Timur bagian tengah menuju selatan merupakan daerah dataran rendah sehingga ketersediaan air pada daerah ini lebih banyak yang menyebabkan muka air tanahnya akan lebih dangkal. Fluktuasi muka air tanah dengan interval 0-5 m lebih dominan tersebar di lapangan juga dapat disebabkan oleh penggunaan air masyarakatnya. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan penggunaan air oleh masyarakat lebih dominan menggunakan air PDAM atau sumur bor dan hanya sebagian yang masih menggunakan sumur gali. Hal ini menunjukkan air tanah tidak banyak digunakan sehingga fluktuasinya kecil.

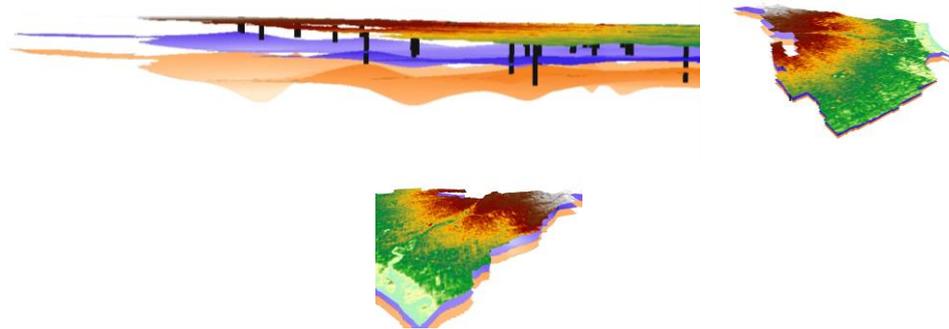
Fluktuasi muka air tanah dengan interval kedalaman >5-10 m seluas 207,14 ha secara spasial tersebar di daerah bagian utara yaitu di sebagian Desa Penatih, Penatih Daging Puri dan Kesiman Petilan. Daerah bagian utara masih didominasi oleh tutupan lahan non terbangun seperti ladang, kebun campuran dan sawah (Gambar 5b), sehingga ketika terjadi hujan air lebih banyak meresap atau terinfiltrasi daripada mengalir sebagai *run off* (aliran permukaan). Jumlah infiltrasi yang besar ini dapat memengaruhi muka air tanah dimana pada musim hujan muka air tanah akan jauh lebih tinggi daripada saat musim kemarau.



Gambar 5. (a) Fluktuasi Muka Air Tanah Kecamatan Denpasar Timur; (b) Tutupam Lahan Kecamatan Denpasar Timur

Fluktuasi muka air tanah juga dipengaruhi oleh litologi batuan, berdasarkan data sumur bor di Desa Penatih Daging Puri yang letaknya pada daerah bagian utara Kecamatan Denpasar Timur dominan tersusun oleh material lepas seperti pasir dimana pasir merupakan jenis tanah yang memiliki keporousan tinggi karena mempunyai rongga pori-pori yang cukup besar sehingga mampu dengan mudah atau cepat meresapkan air. Hal ini menyebabkan air tanah lebih mudah terserap sehingga

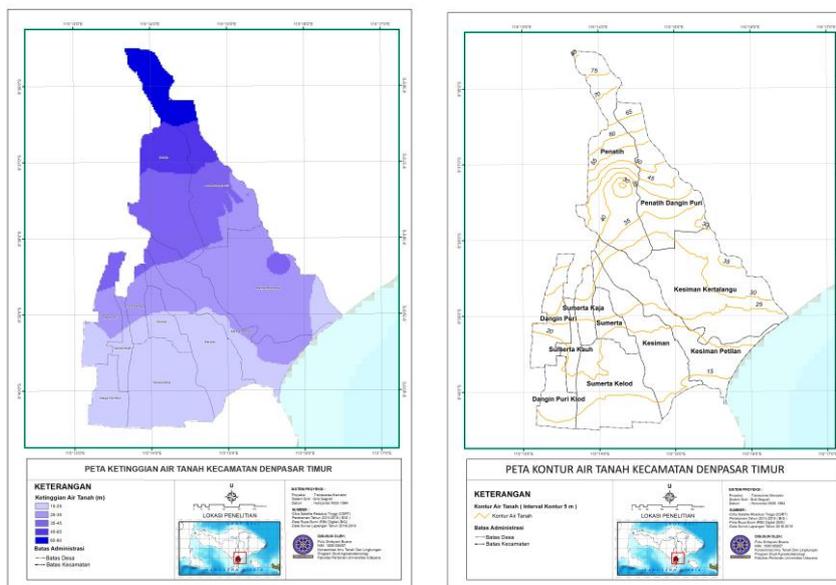
pada musim kemarau muka air tanahnya menjadi lebih dalam. Secara lebih jelas fluktuasi muka air tanah divisualisasikan dalam bentuk 3D dengan bantuan software *ArcScene* 10.4 dan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Visualisasi 3D Fluktuasi Muka Air Tanah Denpasar Timur

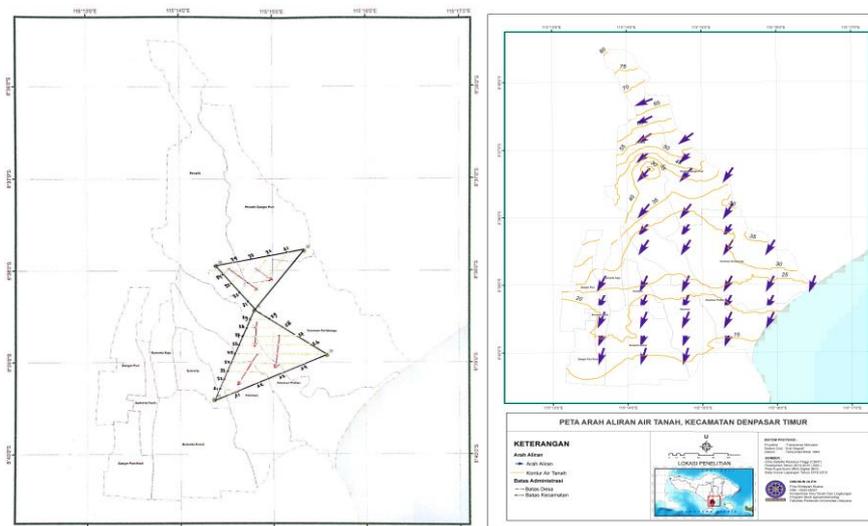
3.3 Arah Aliran Air Tanah

Kontur air tanah diperoleh dengan mengurangi kontur permukaan atau topografi yang didapat dari DEM dengan peta muka air tanah musim kemarau yang sudah diinterpolasi sebelumnya sehingga menghasilkan peta ketinggian air tanah. Peta ketinggian air tanah yang masih dalam format data raster dirubah menjadi data vektor berupa garis/*line*. Tinggi muka air tanah yang sama dihubungkan membentuk suatu garis kontur yang kemudian menjadi peta kontur air tanah. Peta ketinggian air tanah dan kontur air tanah Kecamatan Denpasar Timur disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Ketinggian dan Kontur Air Tanah Kecamatan Denpasar Timur

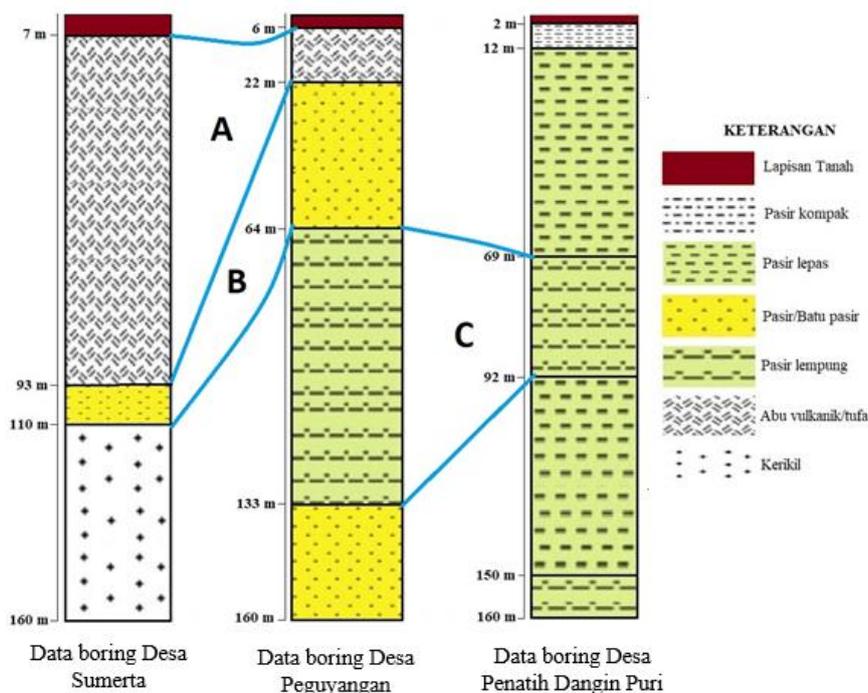
Secara manual penentuan arah aliran air tanah menggunakan Metode *Three Point Problem* dengan menarik garis tegak lurus 90° kontur air tanah dari kedalaman muka air yang rendah ke kedalaman muka air yang tinggi (Todd, 1959). Lebih lanjut secara spasial arah aliran air tanah dianalisis dengan bantuan *software ArcGIS 10.4* dimana arah aliran air dominan ke selatan yang agak condong ke barat daya dengan sudut lebih besar $U 185^\circ T$. Hasil perhitungan arah aliran air tanah secara manual dan spasial disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Arah Aliran Air Tanah

3.4 Karakteristik Akuifer

Penasabahan data boring di Kecamatan Denpasar Timur dilihat dari jenis batumannya merupakan akuifer yang baik karena terdiri dari jenis-jenis batuan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air. Lapisan akuifer ini ditemukan mulai dari kedalaman 2-160 m yang materi penyusun batumannya adalah pasir/batu pasir, pasir kompak, pasir lepas, pasir lempung, abu vulkanik/tufa dan kerikil. Hal ini sejalan dengan pernyataan Suharyadi (1984) yang mengatakan jenis batuan yang merupakan akuifer baik adalah pasir, kerikil, batu pasir, batu gamping yang berlubang-lubang, lava yang retak-retak dan sebagainya. Lapisan akuifer di Kecamatan Denpasar Timur merupakan lapisan akuifer dangkal karena tidak terdapat lapisan penyekat atau *impermeable*. Hal ini sesuai dengan Peta Hidrogeologi Pulau Bali (1986) yang menggambarkan bahwa Kecamatan Denpasar Timur tergolong akuifer dangkal dengan muka air tanah atau tinggi pisometri air tanah umumnya dekat muka tanah dan debit sumur umumnya lebih dari 10 liter/detik. Penasabahan data boring disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Penasabahan Litologi Kecamatan Denpasar Timur

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kedalaman muka air tanah pada musim kemarau berkisar 0,74–24 m dan musim hujan berkisar 0,15–15,83 m. Kisaran fluktuasi muka air tanah yakni 0,16 - 8,17 m dengan fluktuasi tertinggi di Desa Penatih. Arah aliran air tanah umumnya bergerak dari arah utara ke selatan dan sebagian condong ke tenggara atau barat daya dengan sudut lebih besar U 185° T Lapisan akuifer ditemukan sampai kedalaman 160 m dan merupakan akuifer dangkal/bebas/*unconfined* karena tidak ditemukan lapisan *impermeable*/kedap air dengan materi penyusun batuan berupa pasir/batu pasir, pasir kompak, pasir lepas, pasir lempung, abu vulkanik/tufa dan kerikil.

4.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebaiknya dilakukan pengukuran secara rutin dan berkala terhadap muka air tanah baik pada musim kemarau dan hujan agar dapat menampilkan data *series* penurunan atau kenaikan muka air tanahnya. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut pada air sumur gali yang ada untuk mengetahui kualitasnya.

Daftar Pustaka

Kodoatie, Robert J., 2012. Tata Ruang Air Tanah. Yogyakarta: Andi
 Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Denpasar. 2018. Tingkat Pelayanan Atas Penduduk PDAM Kota Denpasar

- Purnama, S., Febriarta., Cahyadi, A., Khakhim, N., Ismangil, L. dan Prihatno, H. 2013. Analisis Karakteristik Akuifer Berdasarkan Pendugaan Geolistrik di Pesisir Kabupaten Cilacap Jawa Tengah. *Jurnal Geografi*, 11(22), 155 – 165
- Satar, Musnanda. 2014. Manual Penggunaan GIS. *The Nature Conservancy*
- Sudadi, H. Setiadi, B.R. Denny, Sarief. Ruchihat dan S. Hadi. 1986. Peta Hidrogeologi Indonesia. Bandung : Direktorat Pendayagunaan Air Tanah
- Sugiyono. 2016. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: PT Alfabet
- Suharyadi. 1984. Geohidrologi. Yogyakarta: Fakultas Teknik UGM
- Suyarto, R. 2012. Kajian Akuifer di Kecamatan Denpasar Barat Provinsi Bali. *Jurnal Bumi Lestari*, Volume 12 No. 1
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology, Third Edition*. University of California, Berkeley : John Wiley and Sons, New York
- Todd, D.K.. 1959. *Groundwater Hydrology*. University of California, Berkeley : John Wiley and Sons, New York