

Aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk Pemetaan Akuifer di Kota Denpasar

JUITA HARIANJA
R . SUYARTO*)
I WAYAN NUARSA

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana
JL. PB Sudirman Denpasar 80362 Bali
*)Email : rsuyarto@yahoo.com

ABSTRACT

Application of Geographic Information System (GIS) for Mapping of Aquifers in Denpasar City

Ground water is the water contained in the soil or rock layers below the soil surface. Water resources derived from groundwater generally directly used to meet the needs of clean water daily. Ground water is used each time would decline both in quality and quantity along with the number of people who exist in an area.

The aim of this research is to examine characteristics of aquifer and find out direction of the groundwater flow. Descriptive method selected as the method in this research, which is reads and records forms data to find out types aquifer, aquifer thickness and the permeability of aquifer. Determining the point of wells location is using purposive sampling method and to analyze the aquifer characteristics data likes water quality (eg; temperature, acidity, total dissolved solids), direction groundwater flow, aquifer thickness, aquifer types and the permeability of aquifer using Spline method and IDW (Inverse Distance Weighting).

The results of this research are map of temperature, total dissolved solids, pH, aquifer types, aquifer thickness, the permeability of aquifer and groundwater flow. There are poor quality of groundwater in Denpasar area (west, east, north and south area) shows by their temperature and acidity. On the other hand, the total dissolved solids shows good water quality in east Denpasar area only. Depth of the unconfined aquifer ranging from 10 - 40 m (deep) up to > 40 m (very deep), thickness of unconfined aquifer is 30 m (deep) up to > 40 m (very deep), permeability unconfined aquifer are slow, very slow and fast. Depth of confined aquifer start from 40-100 m (deep) up to >100 m (very deep), thickness confined aquifer are 40 m (shallow), 60 m (deep) up to >100 m (very deep), permeability of confined aquifer both slow and fast. Unconfined aquifer and confined aquifer generally are sands, gravel, sandstone, volcanic ash and limestone. Groundwater flow from north to south.

Keyword : Aquifer, Geographic Information System (GIS), Ground water

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Air tanah merupakan air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Sumber daya air yang diperoleh dari air tanah umumnya

langsung digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih sehari-hari. Air tanah yang digunakan setiap waktu tentu akan mengalami penurunan baik kualitas maupun kuantitas seiring dengan penambahan jumlah penduduk yang ada disuatu daerah. Data dari BPS Kota Denpasar (2013), total jumlah penduduk Kota Denpasar pada tahun 2011 adalah 804.905 jiwa, mengalami peningkatan menjadi 833.900 jiwa pada akhir 2013 dengan laju pertumbuhan penduduk sekitar 3,60 %. Jumlah penduduk sudah tentu masih bertambah apabila penduduk yang berdomisili di Kota Denpasar juga dihitung, sehingga dalam pemenuhan kebutuhan air bersih juga selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Data dari PDAM Kota Denpasar (2013), produksi air bersih setiap tahunnya semakin meningkat. Total produksi air bersih pada tahun 2011 sekitar 36.260.342 m³ dengan jumlah pelanggan 69.999 jiwa dan mengalami peningkatan menjadi 38.806.035 m³ dengan jumlah pelanggan 71.664 jiwa pada tahun 2012.

Air tanah yang tersedia dapat ditunjukkan dengan kondisi karakteristik akuifernya. Akuifer adalah batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa sehingga dapat mengalirkan air yang cukup berarti di bawah kondisi lapangan. Karakteristik akuifer yang dimaksud adalah kedalaman muka air tanah, tebal akuifer, kemiringan muka air tanah, nilai koefisien permeabilitas, porositas, kualitas air, susunan akuifer. Air tanah yang digunakan secara terus-menerus dan berlebihan untuk memenuhi kebutuhan manusia akan menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitasnya, sehingga perlu dilakukan langkah pengelolaan air tanah agar dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama. Pengelolaan air tanah yang dapat dilakukan untuk menjaga dan mengetahui potensinya dengan mengetahui karakteristik akuifernya. Salah satu untuk menganalisis dan mengkajinya adalah dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji karakteristik akuifer dan mengetahui arah aliran air tanah.

2. Bahan dan Metode

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2013 sampai dengan Maret 2014, yang berlangsung di lapangan dan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Udayana.

2.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Peta RBI skala 1:25.000 Denpasar, Banjar Kertajiwa, Tabanan, Gianyar, Peta Hidrogeologi Bali dengan skala 1:250.000, data karakteristik akuifer berupa litologi, kedalaman muka air tanah, jenis akuifer, tebal akuifer, permeabilitas akuifer, kualitas air (suhu, derajat keasaman, total zat padat terlarut) yang diperoleh dari PDAM Denpasar, PU Kota Denpasar dan PDAM Badung. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah Software *ArcView* 3.2, satu Unit Computer.

2.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif analitik yaitu membaca dan mencatat data boring untuk mengetahui jenis akuifer, tebal akuifer, permeabilitas akuifer. Penentuan titik lokasi sumur penelitian dengan menggunakan metode *Purposive Sampling*. Metode *purposive sampling* adalah teknik pengambilan sampel sumber data dengan pertimbangan tertentu yakni sumber data dianggap paling tahu tentang apa yang diharapkan (Sugiyono, 2008), dan untuk menganalisis data karakteristik akuifer berupa kualitas air (suhu, derajat keasaman, total zat padat terlarut), arah aliran air tanah, tebal akuifer, jenis akuifer, dan permeabilitas akuifer dengan menggunakan metode *Spline* dan IDW (*Inverse Distance Weighing*). Tahap pelaksanaan penelitian ini terdiri dari : tahap persiapan, pengolahan data atribut, pemasukan data atribut, dan pengolahan data spasial.

3. Hasil dan Pembahasan

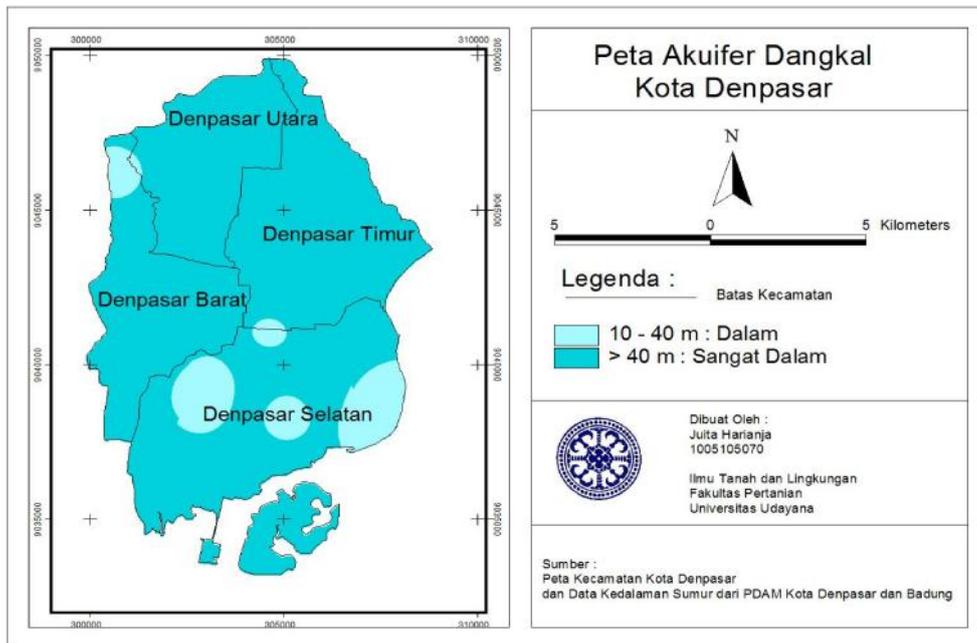
3.1 Akuifer

Hasil interpolasi dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) menunjukkan bahwa Kota Denpasar mempunyai akuifer dangkal mulai dari kedalaman 10-40 m dan > 40 m, sedangkan pada akuifer semi tertekan mulai dari kedalaman 40-100 m dan > 100 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Akuifer semi tertekan lebih dalam dibandingkan dengan akuifer dangkal karena akuifer semi tertekan mempunyai kedalaman yang bervariasi disebabkan oleh kompleksnya keberadaan lapisan penyekat/*impermeable*. Hal ini menunjukkan bahwa struktur perlapisan yang terdiri dari variasi formasi atau perlapisan batuan/litologi. Pada umumnya material penyusun akuifer Kota Denpasar adalah kerikil, pasir, sandstone, limestone, abu vulkanik, debu vulkanik, dan lempung. Penyusun material setiap sumur berbeda-beda tergantung dari struktur perlapisan dan formasi batuan. Kedalaman sumur dapat digunakan untuk mengetahui tebal akuifer, sedangkan susunan materialnya digunakan untuk mengetahui salah satu karakteristik akuifer salah satunya adalah permeabilitas.

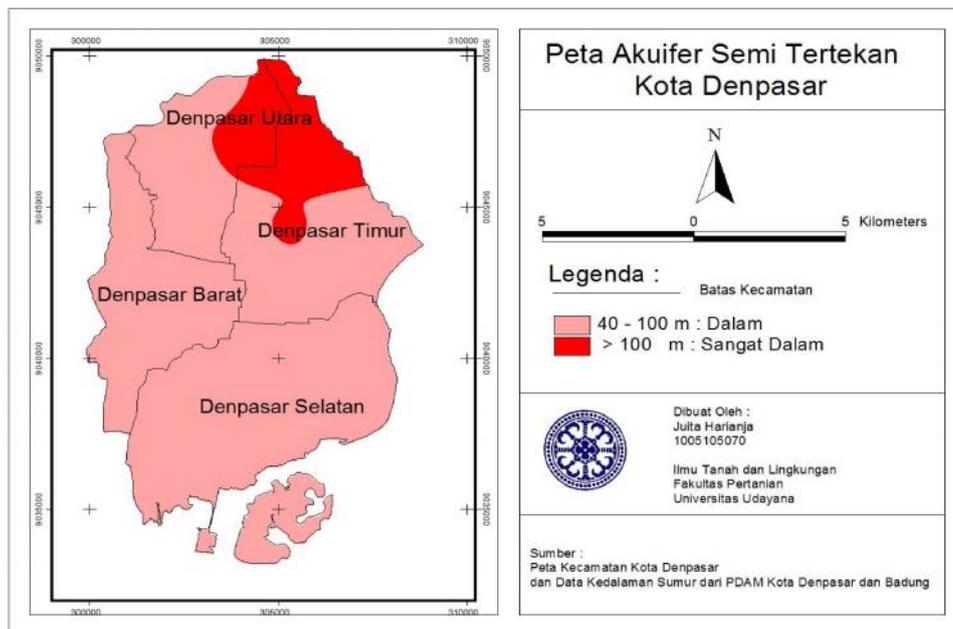
3.2 Kualitas Air

3.2.1 Derajat Keasaman Air

Analisis spasial dengan menggunakan teknik interpolasi menunjukkan bahwa Kota Denpasar mempunyai pH basa pada akuifer dangkal, sedangkan pada akuifer semi tertekan dengan pH asam dan basa. Derajat keasaman pada akuifer dangkal dan akuifer semi tertekan pada umumnya termasuk pH basa, namun pada akuifer semi tertekan terdapat pH asam di wilayah Denpasar bagian Timur yaitu pada sumur bor E1 Subita dengan material yang berasal dari batuan vulkanik seperti debu vulkanik, abu vulkanik. Pada batuan vulkanik yang bersifat asam, airnya sebagai air Natrium-Bikarbonat dengan kadar SiO_2 nya tinggi yang menyebabkan air menjadi asam.



Gambar 1. Peta Akuifer Dangkal Kota Denpasar



Gambar 2. Peta Akuifer Semi Tertekan Kota Denpasar

3.2.2 Suhu Air

Aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG) dengan menggunakan teknik interpolasi menghasilkan peta suhu akuifer dangkal dengan suhu $< 30^{\circ}\text{C}$ yang seluruhnya terdapat di wilayah Kota Denpasar, namun suhu $> 30^{\circ}\text{C}$ terdapat di wilayah Kota Denpasar bagian Selatan, sedangkan pada akuifer semi tertekan dengan suhu $< 30^{\circ}\text{C}$ yang seluruhnya terdapat di wilayah Kota Denpasar dan suhu $> 30^{\circ}\text{C}$ terdapat di wilayah Kota Denpasar bagian Selatan, Tengah, dan Timur. Menurut

PERMENKES No.492/MENKES/IV/2010 tentang persyaratan air minum, kadar suhu maksimum yang diperbolehkan adalah 30⁰C.

3.2.3 Total Zat Padat Terlarut Air

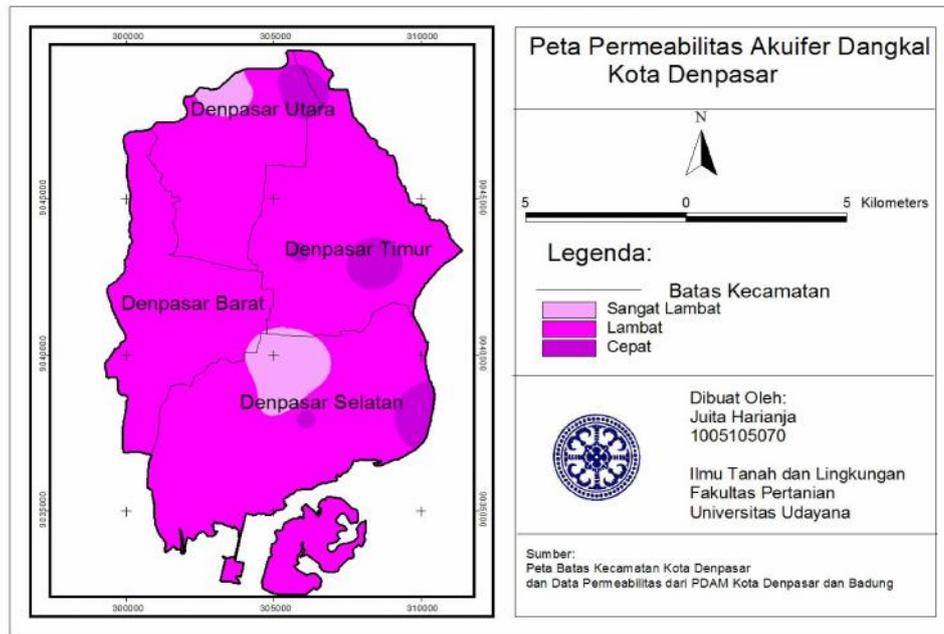
Hasil interpolasi dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) menunjukkan bahwa Kota Denpasar mempunyai TDS < 500 mg/l yang terdapat diseluruh wilayah Kota Denpasar, dan TDS > 500 mg/l terdapat di wilayah Kota Denpasar bagian Selatan, Barat, dan Utara, sedangkan pada akuifer semi tertekan mempunyai TDS < 500 mg/l terdapat diseluruh wilayah Kota Denpasar, namun pada wilayah Denpasar bagian Selatan mempunyai TDS > 500 mg/l. Menurut PERMENKES No.492/MENKES/IV/2010 tentang persyaratan air minum, kadar maksimum TDS yang diperbolehkan adalah < 500 mg/l. Total zat padat terlarut dipengaruhi oleh penyusun materialnya. Penyusun material yang mempunyai kandungan TDS yang tinggi terdapat pada material lempung, lanau, batu gamping, koral (pelapukan karang laut), dan dataran pantai. Total zat padat terlarut atau jumlah garam terlarut adalah jumlah konsentrasi garam yang terkandung di dalam air seperti Na, Cl, Ca, Mg, HCO₃, SO₄. Garam-garam tersebut mudah larut yang menyebabkan kandungan TDS tinggi. Kandungan total zat padat terlarut dapat mempengaruhi tingginya rendahnya derajat keasaman air.

Kandungan total zat padat terlarut air dapat dipengaruhi oleh penyusun materialnya. Penyusun material yang dapat menyebabkan tinggi rendahnya kandungan total zat padat terlarut adalah batu gamping, lempung/lanau. Total zat padat terlarut juga dipengaruhi oleh kondisi/lokasi suatu wilayah. Pada dataran pantai, air tanahnya mempunyai kandungan jumlah garam terlarut tinggi seperti ion Na, Cl, dan HCO₃, sehingga kandungan total zat padat terlarut akan meningkat.

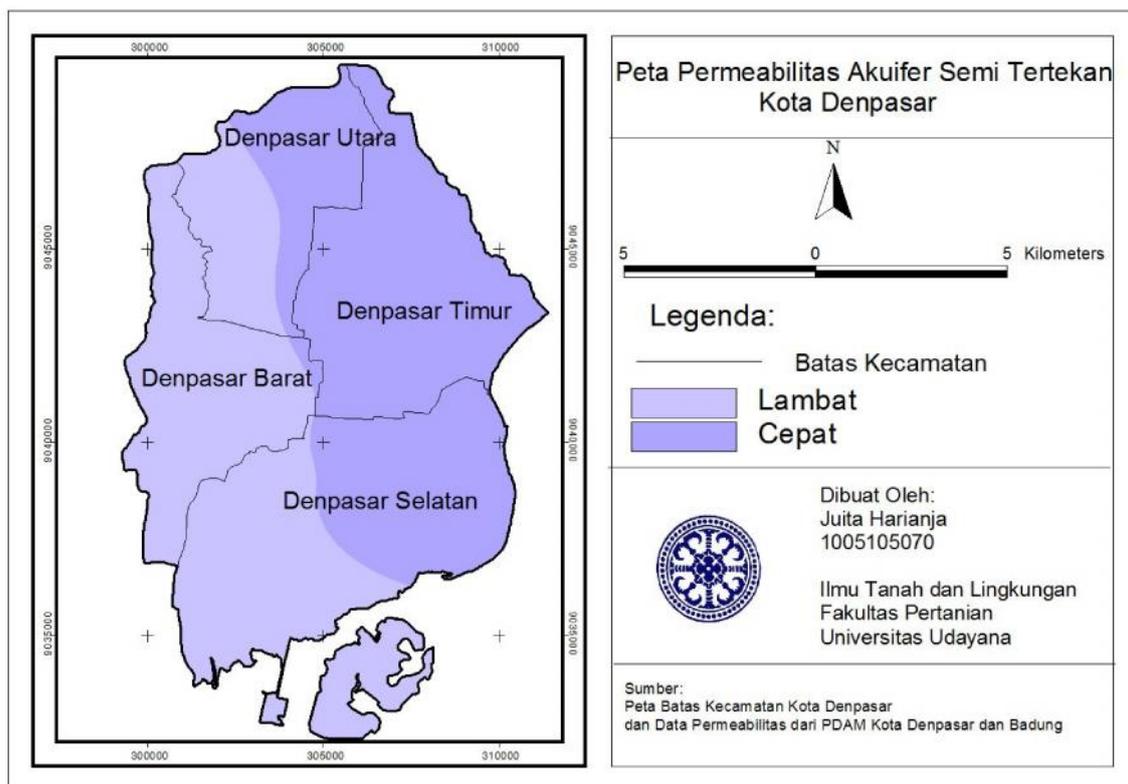
Total zat padat terlarut pada akuifer dangkal Kota Denpasar bagian Utara, Barat, dan Selatan mempunyai kandungan TDS >500 mg/l. Hal ini disebabkan karena penyusun material berupa material lempung/lanau di Denpasar Barat, batu gamping di Denpasar Utara, dan dataran pantai di Denpasar Selatan yang mengakibatkan derajat keasaman juga tinggi yaitu pH > 7 (basa). Total zat padat terlarut pada akuifer semi tertekan Kota Denpasar bagian Selatan, Barat dan Utara mempunyai kandungan TDS >500 mg/l dan pH > 7 (basa). Disini lain, hampir seluruh wilayah Denpasar Selatan mempunyai TDS > 500 mg/l, sedangkan di Denpasar Timur kandungan TDS < 500 mg/l. Hal ini disebabkan karena material penyusun wilayah Denpasar Timur pada umumnya berupa kerikil, pasir, dan sandstone sehingga derajat keasamannya adalah rendah yaitu pH < 7 (asam).

3.3 Permeabilitas Akuifer

Aplikasi Sistem Informassi Geografi (SIG) dengan menggunakan teknik interpolasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Peta Permeabilitas Akuifer Dangkal Kota Denpasar.



Gambar 4. Peta Permeabilitas Akuifer Semi Tertekan Kota Denpasar

Dari hasil interpolasi tersebut dapat diketahui bahwa permeabilitas lambat pada akuifer dangkal terdapat di wilayah Kota Denpasar bagian Utara dan Selatan, permeabilitas sangat lambat terdapat di seluruh wilayah Kota Denpasar,

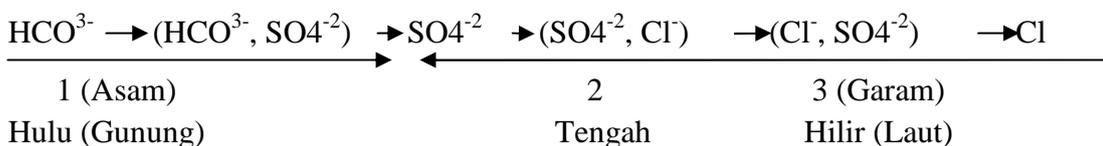
permeabilitas cepat terdapat di wilayah Denpasar Selatan, Utara, dan Timur, sedangkan permeabilitas lambat pada akuifer semi tertekan terdapat pada daerah Kota Denpasar bagian Barat, Utara, dan Selatan, sedangkan permeabilitas cepat terdapat di wilayah Kota Denpasar bagian Utara, Timur, dan Selatan.

3.4 Tebal Akuifer

Analisis spasial dengan teknik interpolasi menunjukkan bahwa tebal akuifer dangkal adalah 30 m (10-40 m) terdapat di wilayah Kota Denpasar bagian Selatan, sedangkan tebal akuifer > 40 m terdapat diseluruh wilayah Kota Denpasar. Tebal akuifer semi tertekan dengan tebal akuifer < 40 m terdapat di wilayah Kota Denpasar bagian Utara dan Tengah. Tebal akuifer 60 m (40-100 m) terdapat di wilayah Kota Denpasar bagian Selatan, Utara, dan Barat, serta tebal akuifer > 100 m terdapat diseluruh wilayah Kota Denpasar. Tebal akuifer dangkal dapat ditentukan mulai dari permukaan dan terdapatnya akuifer sampai dengan sebelum lapisan penyekat, sedangkan tebal akuifer semi tertekan ditentukan setelah adanya lapisan penyekat/impermeable sampai batas pengeboran sumur. Tebal akuifer pada umumnya terdiri dari material pasir, kerikil, sandstone, abu vulkanik, debu vulkanik, lempung, dan limestone. Penyusun material setiap sumur berbeda-beda tergantung dari struktur perlapisan dan formasi batuan. Kedalaman sumur dapat digunakan untuk mengetahui tebal akuifer, sedangkan susunan materialnya digunakan untuk mengetahui salah satu karakteristik akuifer salah satunya adalah permeabilitas.

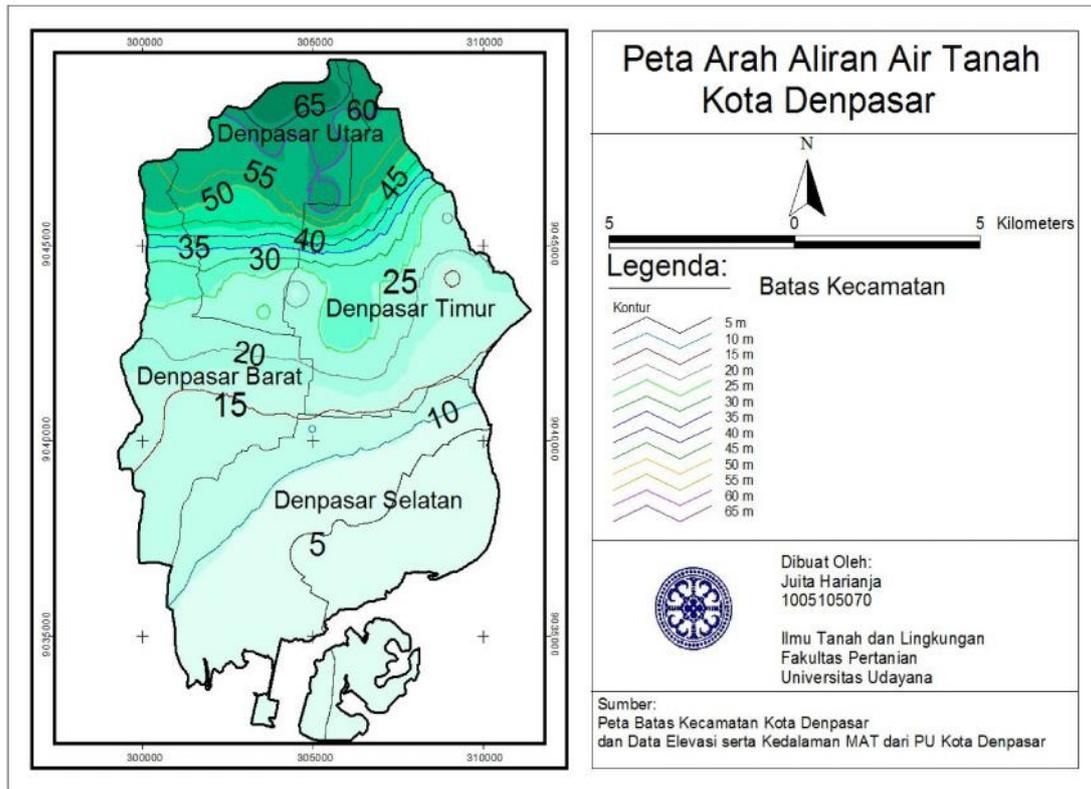
3.5 Arah Aliran Air Tanah (Flow Net)

Flow net merupakan peta yang berisikan kontur air tanah dan arah aliran air tanah. Garis kontur menunjukkan daerah-daerah yang mempunyai tinggi muka air tanah sama. Peta ini dihasilkan dari interpolasi titik-titik tinggi muka air tanah yang telah diketahui sebelumnya. Arah aliran air tanah dapat ditentukan dengan menarik garis tegak lurus kontur muka air tanah tinggi ke muka air tanah rendah (Todd, 1980). hasil analisis menunjukkan bahwa arah aliran air tanah Kota Denpasar yaitu bergerak dari dari arah Utara ke arah Selatan (Gambar 5). Kualitas air tanah dapat juga dipengaruhi oleh aliran air tanah. Air tanah mengalir dari hulu ke hilir yang menyebabkan kualitas air tanahnya juga berbeda. Proses pengaliran air tanah dari hulu ke hilir dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 6. Proses pengaliran air tanah dari hulu ke hilir (Chevbotarev, 1955)

Selama proses tersebut, dapat dilihat bahwa umur air semakin tua mendekati ke arah hilir. Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa air tanah mengalir dari arah Utara ke Selatan. Chevbotarev (1995) menyimpulkan bahwa selama proses perjalanan, air tanah cenderung berubah secara perlahan dari hulu ke hilir dan mengarah pada komposisi kimia air laut.



Gambar 5. Peta Arah Aliran Air Tanah Kota Denpasar.

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Kualitas air tanah baik suhu maupun derajat keasaman terdapat di wilayah Kota Denpasar mempunyai kualitas yang kurang baik. Total zat padat terlarut di Denpasar Timur tergolong baik, sedangkan di bagian Selatan, Barat dan Utara tergolong kurang baik.
2. Kedalaman akuifer dangkal mulai dari 10-40 m sampai dengan kedalaman >40 m, ketebalan akuifer dangkal adalah 30 m sampai dengan ketebalan >40 m. Permeabilitas akuifer dangkal adalah lambat, sangat lambat, dan cepat. Kedalaman akuifer semi tertekan mulai dari 40-100 m sampai dengan kedalaman >100 m, ketebalan akuifer semi tertekan adalah 40 m, 60 m,

sampai dengan ketebalan >100 m. Permeabilitas akuifer semi tertekan adalah lambat dan cepat.

3. Akuifer dangkal dan akuifer semi tertekan pada umumnya berupa material pasir, kerikil, sandstone, abu vulkanik, limestone, dan debu vulkanik.
4. Air tanah di Kota Denpasar bergerak dari arah Utara ke arah Selatan.

4.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pemantaun/pengukuran terhadap muka air tanah secara berkala agar diketahui penurunan muka air tanahnya, sehingga dapat diketahui debit air yang berkurang.
2. Pemerintah Kota Denpasar disarankan agar membuat sumur-sumur pantau untuk pemantauan terhadap muka air tanahnya.

Daftar Pustaka

- Badan Pengelolaan Statistik Kota Denpasar. 2013. *Jumlah Penduduk Kota Denpasar*. Denpasar.
- Chevbotarev, I. I. 1955. *Metamorphism of Natural Water in the Crust of Weathering*. Geochim. Cosmochim. Acta.
- Perusahaan Daerah Air Minum Kota Denpasar. 2013. *Jumlah Pelanggan dan Produksi Air Minum Kota Denpasar*. Denpasar
- Sugiyono. 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif*. Alfabeta. Bandung.
- Suharyadi. 1984. *Geohidrologi*. Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.
- Perusahaan Daerah Air Minum Kota Denpasar. 2013. *Jumlah Pelanggan dan Produksi Air Minum Kota Denpasar*. Denpasar
- Todd. 1980. *Groundwater Hydrology*. University of California, Berkeley John Wiley and Sons, New York.