

Kajian Fluktuasi Muka Air Tanah dan Kualitas Air Tanah Dangkal Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kecamatan Denpasar Utara Kota Denpasar

Putu Doddy Heka Ardana¹, I Wayan Diasa², Tri Hayatining Pamungkas³, dan Siti Aisyah⁴

¹²³⁴Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ngurah Rai, Indonesia
E-mail: *doddyhekaardana@unr.ac.id

DOI: 10.38043/telsinas.v6i1.4223	Received: 25 Maret 2023	Accepted: 10 April 2023	Publish: 25 April 2023
----------------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------------

ABSTRAK: Peningkatan urbanisasi dan konsumsi air menyebabkan air tanah telah dieksploitasi secara berlebihan dengan konsekuensi berfluktuasinya muka air tanah dan degradasi kualitas air tanah. Fluktuasi muka air tanah dan kualitas air tanah merupakan parameter penting dalam pengelolaan sumber daya air tanah berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan mengetahui fluktuasi muka air tanah dan kualitas air tanah dangkal di wilayah Kecamatan Denpasar Utara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen dimana melakukan pengamatan terhadap level muka air tanah dan menguji kualitas air tanah untuk nantinya dianalisis secara spasial dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa fluktuasi muka air tanah pada daerah penelitian berkisar pada kedalaman 0 – 9 meter di bawah muka tanah dan berfluktuasinya muka air tanah tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor hidrometeorologi utamanya adalah musim hujan dan musim kemarau. Kualitas air tanah dangkal (sumur gali) di Kecamatan Denpasar Utara, yang ditinjau dari parameter fisika dan kimia, dapat dinyatakan baik atau layak untuk digunakan dalam memenuhi kebutuhan higienis dan sanitasi masyarakat karena nilainya masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan.

Kata Kunci: Fluktuasi Muka Air Tanah; Analisis Spasial; Kualitas Air Tanah; Parameter Fisika; Parameter Kimia

ABSTRACT: Increased urbanization and water consumption have led to overexploitation of groundwater with consequent fluctuations in the water table and degradation of groundwater quality. Groundwater level fluctuation and groundwater quality are important parameters in sustainable groundwater resource management. This study aims to determine groundwater level fluctuations and shallow groundwater quality in the North Denpasar District area. The method used in this research is experimental. Observing groundwater levels and testing groundwater quality will be spatially analyzed using ArcGIS software. Based on this research, it can be concluded that groundwater level fluctuations in the study area range from a depth of 0 - 9 meters below ground level. The groundwater level fluctuation is influenced by hydrometeorological factors, mainly the rainy and dry seasons. The quality of shallow groundwater (dug wells) in North Denpasar Subdistrict, in terms of physical and chemical parameters, can be declared good or feasible for use in meeting the hygienic and sanitary needs of the community because the value is still below the quality standards set.

Keywords: Water Level Fluctuation; Spatial Analysis; Groundwater Quality; Physical Parameters; Chemical Parameters

I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan dan sumber kehidupan utama bagi semua makhluk hidup. Selain itu, air juga digunakan dalam berbagai kegiatan seperti pertanian, pariwisata, industri, dan lain sebagainya. Penggunaan air dalam kehidupan sehari-hari sangat mempengaruhi pola penggunaan air yang tersedia. Air tanah sebagai salah satu faktor penting dalam siklus hidrologi, sehingga pada geologi tertentu pergerakan air tanah membutuhkan waktu yang lama. Air tanah menjadi komponen penting dari kebutuhan manusia dan memiliki peran yang signifikan dalam pertumbuhan ekonomi [1]–[3]. Air tanah adalah satu-satunya sumber pendukung kehidupan untuk daerah di mana tidak ada sumber air lain yang dapat diakses [4], [5]. Lebih dari dua miliar orang bergantung pada air tanah [1]. Namun, karena pertumbuhan penduduk yang cepat, kebutuhan pertanian, dan ekspektasi industri yang tinggi, kuantitas dan kualitas pasokan air tanah saat ini mengalami penurunan di seluruh dunia [4], [6]–[8]. Peningkatan urbanisasi dan konsumsi air menyebabkan air tanah telah dieksploitasi secara berlebihan dengan

konsekuensi lingkungan yang merugikan misalnya penurunan permukaan air yang signifikan, kekeringan pada sumur, penyusutan air sungai dan danau, dan degradasi kualitas air yang terjadi terutamanya di negara-negara berkembang, termasuk di Kota Denpasar sebagai daerah perkotaan di Provinsi Bali, Indonesia [9].

Fluktuasi muka air tanah adalah salah satu parameter penting di dalam pengelolaan sumber daya air tanah yang berkelanjutan. Fluktuasi permukaan air tanah yang terjadi disuatu wilayah dapat digunakan untuk estimasi pengisian air tanah (*groundwater recharge*) [10]. Fluktuasi air tanah adalah naik dan turunnya permukaan air tanah yang disebabkan oleh proses hidrologi alami dan akibat ulah manusia. Berfluktuasinya muka air tanah sangat dipengaruhi oleh peningkatan jumlah penduduk dan perubahan tata guna lahan yang akan berimbas pada peningkatan akan kebutuhan air (utamanya air tanah) dan berkurangnya area resapan air. Tingkat fluktuasi muka air tanah dapat berbeda-beda, bergantung pada karakteristik akuifer, iklim, curah hujan, dan jumlah kepadatan penduduk. Prediksi level muka air tanah memainkan peran penting bagi pemangku kebijakan dalam pengelolaan air tanah berkelanjutan dan dalam hal membuat rencana, menerapkan strategi, dan mengambil tindakan proaktif terhadap perlindungan kesehatan masyarakat ketika level air tanah diprediksi menurun di bawah tingkat yang diharapkan [11].

Air tanah dangkal (sumur gali) adalah air tanah yang terdapat di atas lapisan akuifer bebas atau akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*), biasanya terletak tidak terlalu dalam di bawah permukaan tanah. Air tanah yang terjadi karena ada daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Keberadaan air tanah dangkal masyarakat, tidak serta merta menjamin kualitas air tersebut tinggi, hal ini dikarenakan air tanah yang dipakai adalah air tanah dangkal yang kenyataannya merupakan air tanah yang mudah terkontaminasi melalui rembesan [12]. Air tanah dangkal merupakan sumber utama air bersih selain air bersih yang dapat disediakan oleh instansi penyedia air bersih (Perusahaan Daerah Air Minum/PDAM). Air bersih adalah air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Kualitas air yang baik meliputi uji kualitas secara fisika, kimia dan biologi, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping untuk kesehatan [13].

Menurut Tejastini [14], tingkat pelayanan PDAM Kota Denpasar pada tahun 2018 di Kecamatan Denpasar Utara tahun 2018 diketahui sebesar 62,87% penduduk sudah menggunakan PDAM dan 37,13% penduduk menggunakan air tanah (sumur gali dan sumur bor) sebagai alternatif dan mengalami peningkatan sebesar 69,60% penduduk telah menggunakan PDAM dan 30,40% penduduk menggunakan air tanah. Peningkatan ekstraksi air tanah yang bertambah dari tahun ke tahun di wilayah Kecamatan Denpasar Utara dapat menyebabkan terjadinya perubahan kualitas dan kuantitas pada sistem air tanah. Jika muka air tanah terus turun maka volume air dalam sumur juga terus menurun bahkan bisa menjadi kering sehingga dapat menyebabkan fluktuasi muka air tanah yang sangat signifikan. Cadangan air tanah besar apabila fluktuasi muka air tanah kecil dan sebaliknya cadangan air tanah kecil apabila terjadi fluktuasi muka air tanah yang tinggi [14] sehingga penting mengetahui fluktuasi muka air tanah pada suatu wilayah. Selain itu untuk dapat memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat di wilayah Kecamatan Denpasar Utara maka kualitas air tanah dangkalnya juga perlu diketahui untuk nantinya dapat dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat.

Berdasarkan atas pentingnya mengetahui fluktuasi muka air tanah maupun kualitas air tanah pada suatu wilayah, dalam hal ini pada area Kecamatan Denpasar Utara, dapat diketahui melalui analisis secara spasial (*spatial analysis*) salah satunya berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Beberapa penelitian mengenai kajian fluktuasi muka air tanah berbasis SIG di Kota Denpasar telah dilakukan namun hanya terbatas pada informasi besaran fluktuasi muka air tanahnya saja [14]–[18]. Pada penelitian ini, selain mengkaji mengenai fluktuasi muka air tanah juga ditinjau mengenai kualitas air tanah dangkalnya sehingga memberikan hasil yang lebih komprehensif sehingga bisa menutup *gap* atau kekosongan penelitian mengenai fluktuasi muka air tanah dan kualitas air tanah. Analisis data secara spasial berbasis SIG ini bertujuan untuk mempersiapkan data dasar sebagai acuan serta pertimbangan masyarakat dan pemerintah daerah sehingga nantinya berperan signifikan dalam penyusunan kebijakan pemanfaatan air tanah.

II. LANDASAN TEORI

Air Tanah

Air tanah dapat didefinisikan sebagai air bawah tanah yang ditemukan di bawah muka air tanah (MAT) pada lapisan tanah atau formasi geologi yang jenuh air (*saturated zone*) [19] dan berkumpul menjadi lapisan tanah yang dinamai akuifer. Akuifer adalah lapisan batuan jenuh air di bawah permukaan tanah yang dapat menyimpan dan meneruskan air dalam jumlah yang cukup dan ekonomis misalnya pasir [20]. Beberapa faktor bio-geo-fisik, politik, dan sosial-budaya mempengaruhi ketersediaan air tanah di suatu wilayah. Air tanah merupakan salah satu komponen dari siklus hidrologi. Siklus hidrologi menggambarkan hubungan antara curah hujan, aliran permukaan, infiltrasi, evapotranspirasi, dan air tanah. Air hujan, air danau, dan sumber air permukaan lainnya menjadi sumber air tanah ketika meresap ke dalam tanah dan akuifer dan bergerak menuju daerah pelepasan [21].

Kedalaman Air Tanah

Perbedaan data ketinggian bibir sumur dengan permukaan tanah serta jarak antara permukaan bibir sumur dengan muka air tanah akan menghasilkan data kedalaman air tanah [22]. Data kedalaman air tanah ini yang nantinya dijadikan dasar dalam analisis fluktuasi muka air tanah dalam suatu periode tertentu. Dalam menentukan kedalaman muka air tanah (MAT) dinyatakan dengan Persamaan 1.

$$\text{Kedalaman MAT (m)} = b - a \quad (1)$$

Dengan:

b = ketinggian bibir sumur (m)

a = tinggi muka air tanah (m)



Gambar 1. Perhitungan kedalaman dan ketinggian muka air tanah

Kualitas Air Tanah

Kebutuhan manusia akan air untuk keperluan higiene sanitasi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk di dunia. Sementara itu, air di alam berada dalam keseimbangan siklus hidrologi dan alam tidak memproduksi air baru [23]. Air untuk keperluan higiene sanitasi merupakan air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dalam pemeliharaan kebersihan seseorang seperti mandi, sikat gigi, mencuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu, air untuk keperluan higiene sanitasi juga dapat diperuntukkan sebagai air baku air minum. Kualitas air tanah sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia (*antropogenic activity*) dimana semakin kompleks aktivitas manusia maka tingkat kerentanan air tanah akan semakin tinggi. Air tanah sebagai salah satu sumber utama air bersih harus memiliki kualitas yang baik dan memenuhi standar kualitas air bersih. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, air yang digunakan untuk keperluan higiene sanitasi harus memenuhi standar baku mutu dengan parameter wajib fisika, biologi, dan kimia. Air disebut memenuhi persyaratan secara fisik apabila air tersebut tidak berbau, tidak berasa, tidak keruh, serta tidak berwarna. Selain itu suhu, daya hantar listrik (*Electric Conductivity/EC*), dan jumlah zat padat terlarut (*Total Dissolved*

Solid/TDS) juga menjadi parameter secara fisika. Secara kimiawi, air bersih yang baik adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat-zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan. Parameter kimia kualitas air antara lain derajat keasaman atau *Biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *dissolved oxygen* (DO), alkalinitas, *power of hydrogen* (pH), kandungan Ca (kesadahan), besi (Fe), mangan (Mn), nitrit (NO₂), nitrat (NO₃) dan zat-zat kimia lainnya. Sedangkan kualitas air berdasarkan parameter biologi adalah tidak tercemar oleh mikrobiologi [23].

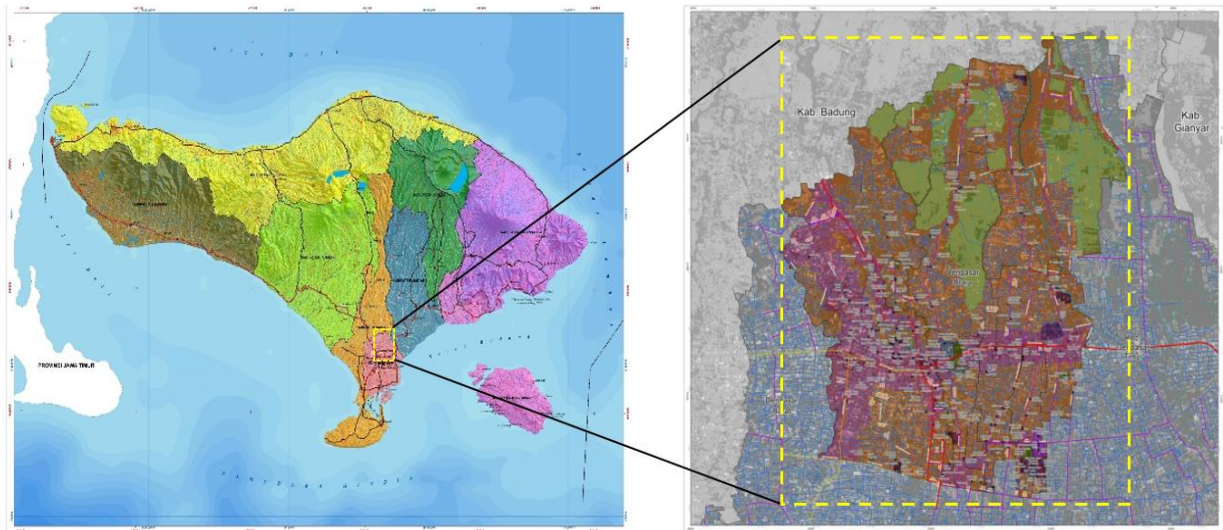
Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* merupakan bidang kajian ilmu dan teknologi yang digunakan oleh berbagai bidang atau disiplin ilmu, dan berkembang dengan cepat. Definisi Sistem Informasi Geografis (SIG) secara umum adalah suatu sistem atau teknologi berbasis komputer yang dibangun bertujuan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah dan menganalisa serta menyajikan data dan informasi suatu fenomena yang berhubungan dengan letak atau keberadaannya di permukaan bumi [24]. Pada analisa spasial baik dalam format vektor maupun raster, diperlukan data yang studi area. Oleh sebab itu, proses interpolasi perlu dilaksanakan untuk mendapatkan nilai diantara titik sampel. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan interpolasi dalam analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis yakni seperti Kriging dan *Inverse Distance Weighted* (IDW) yang memberikan hasil interpolasi berbeda-beda [25].

III. METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah di wilayah Kecamatan Denpasar Utara, Kota Denpasar, Provinsi Bali. Lokasi pengamatan fluktuasi muka air tanah dilakukan pada 13 (tiga belas) sumur gali dan sampel air tanah dangkal diambil dari 29 (dua puluh sembilan) titik sumur gali milik penduduk yang tersebar di 11 (sebelas) desa/kelurahan yang berada di wilayah Kecamatan Denpasar Utara. Pengambilan sampel dilakukan secara langsung dengan menggunakan metode *grab sampling*, yaitu metode pengambilan sampel sesaat yang menunjukkan karakteristik air pada saat itu. Perbedaan jumlah antara sumur pengamatan fluktuasi muka air tanah dan sumur pengambilan sampel air dikarenakan keterbatasan waktu penelitian, sumber daya manusia sebagai surveyor, dan izin yang diberikan oleh pemilik sumur serta sampel sumur untuk pengamatan fluktuasi muka air tanah sudah mewakili 6 (enam) desa dari 11 (sebelas) desa/kelurahan yang berada di wilayah Kecamatan Denpasar Utara. Berdasarkan hasil survey diperoleh informasi bahwa keberadaan sumur dangkal (sumur gali) hanya terdapat pada wilayah 6 (enam) desa yakni Peguyangan Kaja, Tonja, Ubung Kaja, Dangin Puri Kauh, Dangin Puri Kaja, dan Pemecutan Kaja. Waktu pengamatan fluktuasi muka air tanah dilakukan selama 7 (tujuh) bulan yakni dari bulan Januari 2021 sampai dengan bulan Juli 2021 dimana hal ini untuk mengetahui fluktuasi muka air tanah pada musim hujan (Januari – April) dan musim kemarau (Mei – Juli). Pengujian contoh air tanah dilakukan secara insitu yakni dilakukan pengujian langsung di lokasi dan secara eksitu yakni melakukan pengujian sampel air sumur di laboratorium. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Lokasi penelitian

Data, Alat dan Bahan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peta Administrasi Kota Denpasar skala 1 : 30.000 dan koordinat posisi maupun elevasi muka air tanah. Peta Administrasi Kota Denpasar digunakan sebagai peta dasar untuk penelitian. Koordinat posisi dan elevasi muka air tanah tiap contoh penelitian ditentukan berdasarkan pengukuran secara langsung di lapangan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: *Global Positioning System* menggunakan *smartphone* untuk menentukan koordinat lokasi pada sumur gali di lokasi penelitian, tali sepanjang 50 (lima puluh) meter dengan pemberat dan meteran untuk mengukur kedalaman muka air tanah, dan *water quality tester equipment model number EZ-9909-SP* untuk pengujian pH, TDS, salinitas, dan EC sampel air sumur secara insitu. Sedangkan pengujian secara exsitu adalah parameter *dissolved oxygen (DO)*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah contoh air tanah yang diambil dari sumur-sumur gali di lokasi penelitian. Jumlah contoh air tanah yang diteliti adalah sebanyak 29 sampel. Pengambilan sampel air tanah dilakukan 13 kali yaitu 1 kali pada bulan Januari 2021 dan masing-masing 2 kali pada bulan Pebruari 2021 sampai dengan Juli 2021.

Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen. Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui fluktuasi muka air tanah dan kualitas air tanah di lokasi penelitian untuk nantinya dipetakan melalui analisis spasial. Adapun tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan data yang akan digunakan dalam proses pengolahan dan analisis data. Adapun data yang diolah adalah data yang sudah didapatkan sebelumnya dari lapangan dan data pendukung (data sekunder). Data yang dikumpulkan dari kegiatan lapangan meliputi pengukuran pada sumur gali warga dan pengambilan sampel air sumur. Pengukuran pada sumur dilakukan di 29 titik lokasi dari daerah penelitian dan 13 titik sumur untuk pengamatan fluktuasi muka air tanah. Dalam tahap ini dilakukan beberapa kegiatan pengukuran antara lain sebagai berikut:

a. Kedalaman Muka Air tanah

Perbedaan data ketinggian bibir sumur dengan permukaan tanah serta jarak antara permukaan bibir sumur dengan muka air tanah akan menghasilkan data kedalaman air tanah. Prosedur dalam mencari data fluktuasi muka air tanah yaitu mencari titik koordinat sumur gali di daerah Kecamatan Denpasar Utara, melakukan pengukuran kedalaman muka air tanah di masing-masing titik yang sudah ditentukan sebanyak 2 kali pengukuran dalam satu bulan.

b. Kualitas Air Tanah

Kualitas air sumur gali di daerah penelitian dapat diketahui dengan melakukan pengambilan sampel air yang akurat. Pengambilan sampel air tanah dari sumur gali dilakukan dengan pendekatan *purposive sampling* pada 29 titik sumur dan dilakukan secara *grab sampling*. Untuk mendapatkan hasil sampel yang akurat, proses pengambilan sampel harus dilakukan pada pagi hari atau cuaca cerah dengan tujuan untuk menjaga kualitas air serta menghindari air yang terkontaminasi oleh zat lain. Kemudian usahakan endapan material tidak terbawa ke dalam air tersebut agar sterilitas air tetap terjaga. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan botol/jerigen. Sampel yang telah diambil harus segera dianalisis laboratorium sebelum batas waktu yang ditentukan yaitu 2x24 jam agar sampel tidak kadaluarsa.

2. Analisis dan Pengolahan Data

Analisis data terdiri dari pembuatan peta dan pengolahan data hasil uji laboratorium. Uji laboratorium dilakukan untuk mendapatkan data yang akan diinterpretasikan untuk kandungan fisika dan kimia yang terdapat dalam kandungan air mengacu pada Standar Baku Mutu menurut PERMENKES RI Nomor 32 Tahun 2017 mengenai Persyaratan Kesehatan untuk Kebutuhan Kebersihan Sanitasi. Analisis kualitas air dilakukan untuk mendapatkan nilai yang akan digunakan untuk analisis kualitas air tanah. Parameter-parameter tersebut antara lain parameter fisika yang meliputi warna, rasa, bau, suhu, daya hantar listrik (DHL/EC), zat padat terlarut (TDS) dan parameter kimia meliputi *dissolved oxygen* (DO), alkalinitas, *power of hydrogen* (pH). Pengukuran parameter warna menggunakan indra penglihatan, rasa menggunakan indra perasa, bau menggunakan indra penciuman, parameter suhu, DHL, TDS, salinitas, dan pH menggunakan alat *water quality tester equipment model number EZ-9909-SP* dan untuk pengukuran *dissolved oxygen* (DO) dilakukan di laboratorium. Analisis spasial dengan menggunakan *software ArcGIS* dilakukan untuk memetakan fluktuasi muka air tanah dan hasil analisis kualitas air tanah pada daerah penelitian. Proses analisis spasial menggunakan metode Interpolasi Krigging.

IV. PEMBAHASAN

Fluktuasi Muka Air Tanah

Pengukuran fluktuasi muka air tanah dilakukan pada 13 titik sumur gali di area Kecamatan Denpasar Utara yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Titik lokasi pengamatan kedalaman muka air tanah

No	Deskripsi	Desa	Lokasi	Koordinat
1	Sumur 1	Peguyangan Kaja	Jln Sentanu Gg Nuri	-8,606568 115,218457
2	Sumur 2	Peguyangan Kaja	Jln Antasura Gg Mahadewa	-8,610144 115,220756
3	Sumur 3	Kelurahan Tonja	Jln Gatot Subroto 1 Gg XI	-8,633152 115,220381
4	Sumur 4	Kelurahan Tonja	Jln Kemuda 2 No 1b	-8,624981 115,225521
5	Sumur 5	Kelurahan Tonja	Jln Kemuda 2 No 1	-8,625179 115,225622
6	Sumur 6	Ubung Kaja	Jln Cokroaminoto Gg Nangka	-8,625657 115,199788
7	Sumur 7	Ubung Kaja	Jln Tunjung Tuttur Gg 4 Dpn Gg Mawar	-8,608861 115,203298
8	Sumur 8	Dangin Puri Kauh	Jln Salya Gg 4 No.5	-8,646852 115,214804
9	Sumur 9	Dangin Puri Kauh	Jn Salya Gg 4 No 2	-8,646650 115,214806
10	Sumur 10	Dauh Puri Kaja	Jln Gatot Subroto 6 Gg Nuri 8	-8,640984 115,216431
11	Sumur 11	Dauh Puri Kaja	Jln Gatot Subroto 6h No 10	-8,638254 115,215362
12	Sumur 12	Pemecutan Kaja	Jln Semilasi Barat Gg Indus No 10a	-8,647637 115,198013
13	Sumur 13	Pemecutan Kaja	Jln Semilasi Barat Gg Indus No 3	-8,647597 115,198236

Pemantauan kedalaman muka air tanah dilakukan selama 7 bulan yakni mulai bulan Januari 2021 sampai bulan Juli 2021. Pemantauan dilakukan selama 2 kali dalam sebulan yakni mulai bulan Pebruari 2021 sampai dengan Juli 2021 dan 1 kali pada bulan Januari 2021. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa fluktuasi muka air tanah dibagi menjadi 3 yakni kedalaman 0 – 3,00 meter berada di Kelurahan Tonja, 3,00 – 6,00 meter berada di Desa Ubung, dan 6,00 – 9,00 meter di Desa Ubung Kaja. Adapun hasil pengukuran kedalaman muka air tanah dan kedalaman rerata muka air tanah di lokasi penelitian disajikan dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

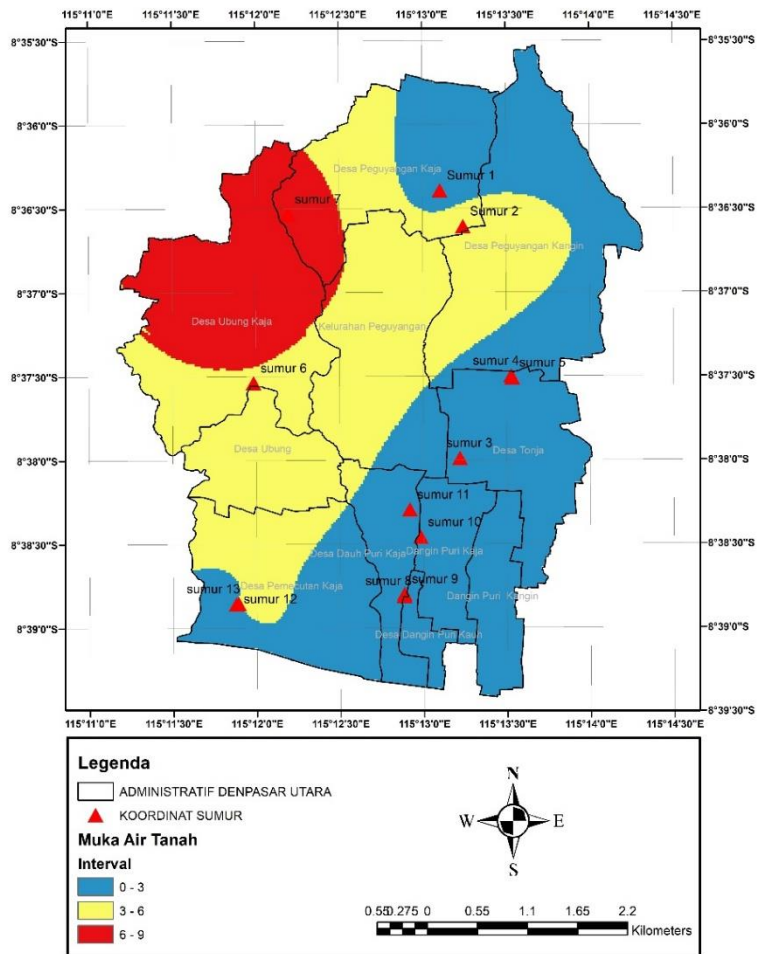
Tabel 2. Pengukuran kedalaman muka air tanah

No	Deskripsi	Lokasi	Periode Pengamatan (kedalaman dalam meter)							
			1/30/2021	2/15/2021	2/28/2021	3/15/2021	3/30/2021	4/15/2021	4/30/2021	
1	Sumur 1	Jln Sentanu Gg Nuri	0,37	0,36	0,36	0,43	0,56	0,68	1,08	
2	Sumur 2	Jln. Antasura Gg Mahadewa	3,51	3,02	2,07	2,37	4,23	5,06	6,47	
3	Sumur 3	Jln. Gatot Subroto 1 Gg XI	1,045	0,76	0,36	0,43	0,82	1,09	1,44	
4	Sumur 4	Jln. Kemuda 2 No.1b	0,87	0,86	0,85	0,96	1,46	1,73	2,15	
5	Sumur 5	Jln. Kemuda 2 No. 1	0,39	0,3	0,19	0,35	0,63	0,82	1,06	
6	Sumur 6	Jln. Cokroaminoto Gg. Nangka	4,73	4,71	4,7	4,93	5,38	5,81	6,04	
7	Sumur 7	Jln. Tunjung Tutar Gg. 4 (dgn gg Mawar)	7,92	7,31	6,92	7,08	7,86	8,05	8,61	
8	Sumur 8	Jln. Salya Gg. 4 No.5	1,01	0,87	0,76	0,81	1,24	1,97	2,5	
9	Sumur 9	Jln. Salya Gg. 4 No 2	1,31	1,09	0,8	0,96	1,27	1,53	1,73	
10	Sumur 10	Jln. Gatot Subroto 6 Gg. Nuri 8	2,14	1,57	1,18	1,37	1,73	2,16	2,72	
11	Sumur 11	Jln. Gatot Subroto 6h No. 10	1,39	1,35	1,29	1,42	1,83	2,11	2,41	
12	Sumur 12	Jln. Semilasi Barat Gg. Indus No. 10a	1,65	1,37	0,73	1,04	1,63	2,18	2,6	
13	Sumur 13	Jln. Semilasi Barat Gg. Indus No. 3	3,13	2,6	1,25	1,43	1,86	2,48	3,32	

Kedalaman MAT di Kecamatan Denpasar Utara sebanyak 69,23% tergolong ke dalam kelas 0-3 meter dengan kedalaman antara 1,27 – 2,52 m. Kelas 3-6 m sebanyak 23,08% dan 7,69% sisanya merupakan kelas 6,00 – 9,00 m dengan kedalaman 8,08 m. Kedalaman MAT terdapat berada di wilayah bagian Desa Ubung Kaja dan terdangkal pada daerah Kelurahan Tonja. Perbedaan kedalaman muka air tanah tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti adanya perbedaan kondisi lingkungan, litologi batuan, jenis akuifer, tingkat pemompaan dan lain sebagainya. Zonasi fluktuasi muka air tanah di Kecamatan Denpasar Utara dapat disajikan pada Gambar 3.

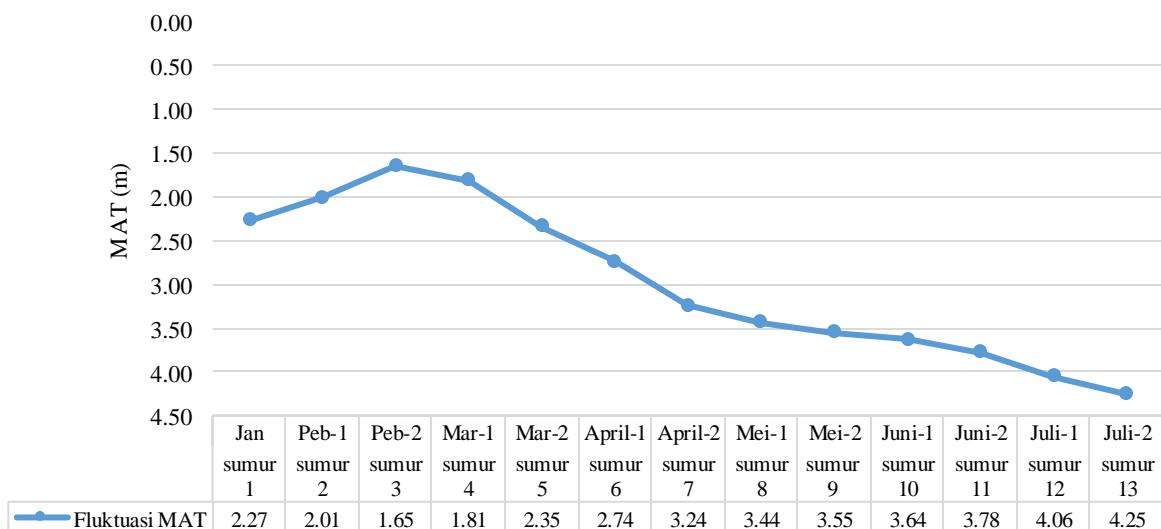
Tabel 3. Rerata fluktuasi muka air tanah

No	Deskripsi	Lokasi	Rerata Level MAT			
			(meter)	0-3m	> 3-6m	> 6-9m
1	Sumur 1	Jln Sentanu Gg Nuri	1,19	1,19		
2	Sumur 2	Jln. Antasura Gg Mahadewa	4,88		4,88	
3	Sumur 3	Jln. Gatot Subroto 1 Gg XI	1,37	1,37		
4	Sumur 4	Jln. Kemuda 2 No. 1b	1,96	1,96		
5	Sumur 5	Jln. Kemuda 2 No. 1	1,17	1,17		
6	Sumur 6	Jln. Cokroaminoto Gg. Nangka	5,78		5,78	
7	Sumur 7	Jln. Tunjung Tutar Gg. 4 (dgn gg Mawar)	8,08			8,08
8	Sumur 8	Jln. Salya Gg. 4 No.5	2,13	2,13		
9	Sumur 9	Jln. Salya Gg. 4 No 2	1,80	1,80		
10	Sumur 10	Jln. Gatot Subroto 6 Gg. Nuri 8	2,52	2,52		
11	Sumur 11	Jln. Gatot Subroto 6h No. 10	2,34	2,34		
12	Sumur 12	Jln. Semilasi Barat Gg. Indus No. 10a	2,32	2,32		
13	Sumur 13	Jln. Semilasi Barat Gg. Indus No. 3	3,25		3,25	



Gambar 3. Zonasi fluktuasi muka air tanah di Kecamatan Denpasar Utara

Hasil analisis rata-rata fluktuasi muka air tanah di Kecamatan Denpasar Utara berdasarkan hasil observasi pada tanggal 30 Januari 2021 sampai 28 Pebruari 2021 mengalami fluktuasi muka air tanah yang cenderung naik sebesar 1,65 meter dan dari tanggal 15 Maret 2021 sampai 30 Juli 2021 mengalami fluktuasi 4,25 meter dimana terlihat kecenderungan terjadi penurunan muka air tanah. Hal ini terjadi karena pada bulan Pebruari masih terjadi musim hujan dan mulai bulan April sudah mulai masuk ke musim kemarau. Grafik fluktuasi muka air tanah selama periode penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik fluktuasi muka air tanah di Kecamatan Denpasar Utara

Kualitas Air Tanah

Parameter kualitas air tanah yang diuji pada penelitian ini adalah berdasarkan parameter fisik dan kimiawi dimana prosedur pengambilan sampel dan pengujian sampel disesuaikan dengan Permenkes No. 32 Tahun 2017 [26].

Parameter Fisika

Parameter fisik air yang diperiksa dan diuji meliputi parameter kekeruhan, warna, zat padat terlarut, rasa, dan bau. Hasil pengujian parameter fisik untuk sampel sumur gali disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan kualitas air (Parameter Fisika)

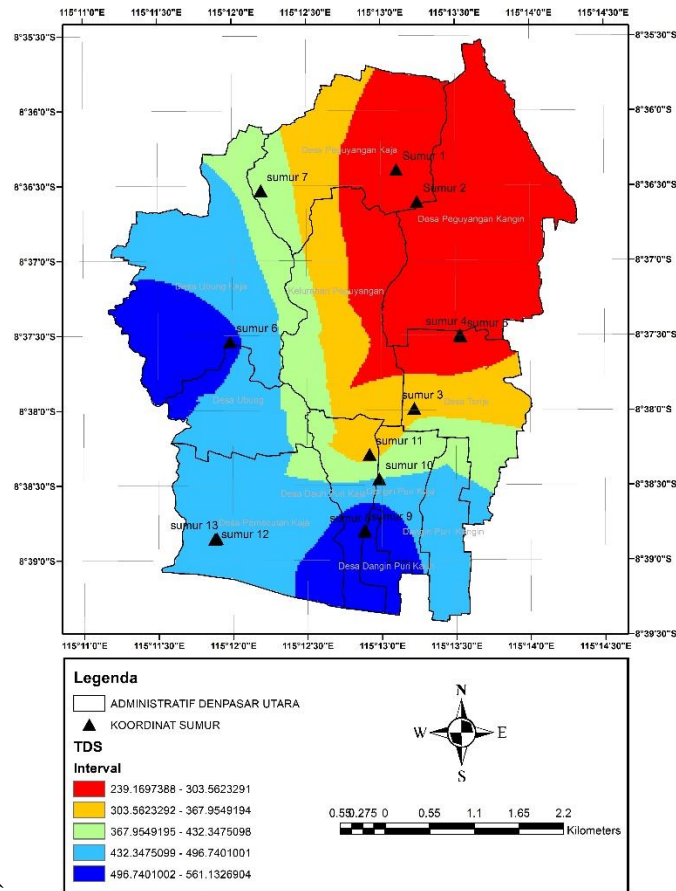
No.	Kondisi Sampel Air	Jumlah Sampel Air	Persen (%)
1	Jernih	29	100%
2	Bau	1	3,5%
3	Rasa (tidak ada rasa)	29	100%

Berikut merupakan hasil pengujian *total dissolved solid* (TDS) sebagai parameter fisika disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian *total dissolved solid* (TDS)

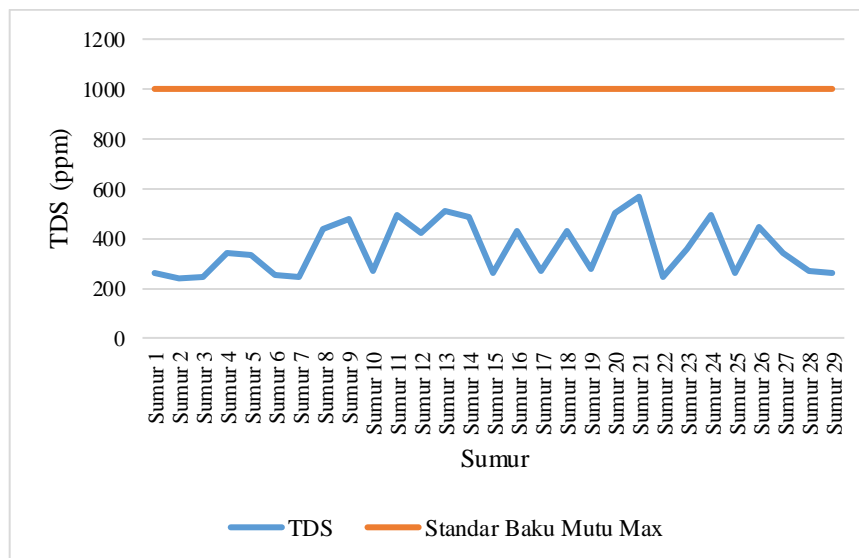
No	Titik SumurA	Lokasi	Koordinat		TDS (mg/l)
1	Sumur 1	Jln Antasura Gg Mahadewa	-8,610144	115,220756	259
2	Sumur 2	Jln Sentanu Gg Nuri	-8,606568	115,218457	239
3	Sumur 3	Jln Sentanu Gang Buntu	-8,611729	115,218418	243
4	Sumur 4	Jln Gatot Subroto 1a Samping Bedahulu X	-8,633331	115,218911	342
5	Sumur 5	Jln Gatot Subroto 6h No 10	-8,638254	115,215362	336
6	Sumur 6	Jln Antasura Gg Pande	-8,61201	115,221879	252
7	Sumur 7	Jln Kemuda 2 No 1	-8,625179	115,225622	248
8	Sumur 8	Jln Sandat Gg Sandat V No 31	-8,639689	115,223698	436
9	Sumur 9	Jln Wibisana Barat Gg Anggrek No 17	-8,650668	115,202999	478
10	Sumur 10	Jln Antasura Depan Gg Bisma	-8,609472	115,22081	267
11	Sumur 11	Jln Semilasi Barat Gg Indus No 10a	-8,647637	115,198013	490
12	Sumur 12	Jln Tunjung Tutur Gg 4 Dpn Gg Mawar	-8,608861	115,203298	418
13	Sumur 13	Jln Cokroaminoto Gg Nangka	-8,625657	115,199788	512
14	Sumur 14	Jln Semilasi Barat Gg Indus No 3	-8,647597	115,198236	486
15	Sumur 15	Jln Cekomaria Gg Raya1	-8,615825	115,229039	263
16	Sumur 16	Jln Gatot Subroto 6 Gg Nuri 8	-8,640984	115,216431	433
17	Sumur 17	Jln Kemuda 2 No 1b	-8,624981	115,225521	271
18	Sumur 18	Jln Sandat Gg Sandat V No 12a	-8,640344	115,223582	432
19	Sumur 19	Jln Cekomaria Gg Mertasari 1	-8,611979	115,229941	280
20	Sumur 20	Jln Salya Gg 4 No.5	-8,646852	115,214804	500
21	Sumur 21	Jn Salya Gg 4 No 2	-8,646650	115,214806	567
22	Sumur 22	Jln Subak Dalem Gg Depan Gang Kelapa	-8,622939	115,218917	248
23	Sumur 23	Jln Gatot Subroto 1 Gg XI	-8,633152	115,220381	357
24	Sumur 24	Jln Wibisana Barat VI Gg Samping Paon Pak Tut	-8,649963	115,204935	493
25	Sumur 25	Jln Jaya Sakti Gg 1	-8,611323	115,221809	260
26	Sumur 26	Jln Gatot Subroto 6 Gg Nuri 8 Ujung	-8,641447	115,217987	446
27	Sumur 27	Jln Bedahulu X No 15a	-8,633255	115,217751	343
28	Sumur 28	Jln Kemuda Gg Gareng	-8,625975	115,22572	268
29	Sumur 29	Jln Nangka Utara Gg Samping UD Semangat Tani	-8,626399	115,224796	260

Hasil penelitian dari survei lapangan berupa pengamatan parameter fisika senyawa TDS, sampel air tanah dapat digolongkan ke dalam lima kondisi warna yang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Persebaran spasial nilai TDS di Kecamatan Denpasar Utara

Selanjutnya diperbandingkan antara hasil pengujian TDS dengan baku mutu kualitas air berdasarkan Permenkes No. 32 Tahun 2017 yang disajikan dalam grafik pada Gambar 6. Berdasarkan perbandingan tersebut terlihat bahwa sebesar 100% atau sebanyak 29 sampel air sumur gali memiliki nilai TDS di bawah baku mutu yang disyaratkan dalam Permenkes No. 32 Tahun 2017. Berdasarkan hasil pengujian parameter fisik tersebut, air sumur dangkal pada wilayah penelitian masih layak digunakan untuk kehidupan sehari-hari (keperluan higienis dan sanitasi).



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai TDS dengan baku mutu

Parameter Kimia

Parameter kimia air yang diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi meliputi parameter pH, daya hantar listrik (EC/DHL), salinitas, dan *Dissolved Oxygen* (DO) pada 29 lokasi pengambilan sampel. Hasil pengujian parameter kimia disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian parameter kimia

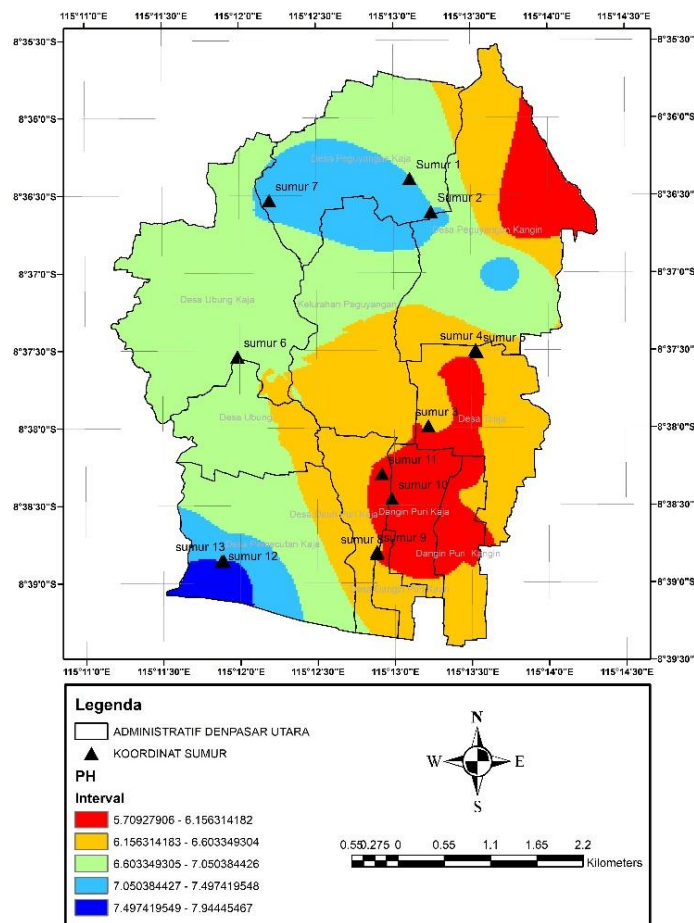
No	Titik Sumur	Lokasi	pH	DHL (µmho/cm)	Salinitas (%)	DO (Mg/l)
1	Sumur 1	Jln Antasura Gg Mahadewa	7,4	518	0,02	6,27
2	Sumur 2	Jln Sentanu Gg Nuri	7,1	479	0,02	1,01
3	Sumur 3	Jln Sentanu Gang Buntu	7,21	485	0,02	1,21
4	Sumur 4	Jln Gatot Subroto 1a Samping Bedahulu X	6,05	687	0,03	5,26
5	Sumur 5	Jln Gatot Subroto 6h No 10	6,1	672	0,03	5,86
6	Sumur 6	Jln Antasura Gg Pande	6,89	504	0,02	7,28
7	Sumur 7	Jln Kemuda 2 No 1	6,36	495	0,02	6,97
8	Sumur 8	Jln Sandat Gg Sandat V No 31	6,1	872	0,04	4,14
9	Sumur 9	Jln Wibisana Barat Gg Anggrek No 17	7,3	957	0,04	6,87
10	Sumur 10	Jln Antasura Depan Gg Bisma	6,97	535	0,02	2,73
11	Sumur 11	Jln Semilasi Barat Gg Indus No 10a	7,98	985	0,03	7,68
12	Sumur 12	Jln Tunjung Tuter Gg 4 Dpn Gg Mawar	7,1	839	0,04	3,64
13	Sumur 13	Jln Cokroaminoto Gg Nangka	6,65	1024	0,04	5,86
14	Sumur 14	Jln Semilasi Barat Gg Indus No 3	7,2	975	0,04	7,08
15	Sumur 15	Jln Cekomaria Gg Raya 1	7,3	527	0,02	7,28
16	Sumur 16	Jln Gatot Subroto 6 Gg Nuri 8	5,99	865	0,04	5,76
17	Sumur 17	Jln Kemuda 2 No 1b	6,4	542	0,02	5,15
18	Sumur 18	Jln Sandat Gg Sandat V No 12a	6,2	865	0,04	7,28
19	Sumur 19	Jln Cekomaria Gg Mertasari 1	5,8	562	0,03	5,76
20	Sumur 20	Jln Salya Gg 4 No.5	6,1	1004	0,04	3,74
21	Sumur 21	Jn Salya Gg 4 No 2	6,22	1135	0,05	4,75
22	Sumur 22	Jln Subak Dalem Gg Depan Gang Kelapa	6,4	497	0,03	7,28
23	Sumur 23	Jln Gatot Subroto 1 Gg XI	6,21	715	0,03	3,64
24	Sumur 24	Jln Wibisana Barat VI Gg Samping Paon Pak Tut	7,13	986	0,04	4,14
25	Sumur 25	Jln Jaya Sakti Gg 1	7,26	521	0,02	7,08
26	Sumur 26	Jln Gatot Subroto 6 Gg Nuri 8 Ujung	5,7	897	0,04	3,64
27	Sumur 27	Jln Bedahulu X No 15a	6,34	687	0,03	3,44

No	Titik Sumur	Lokasi	pH	DHL ($\mu\text{mho/cm}$)	Salinitas (%)	DO (Mg/l)
28	Sumur 28	Jln Kemuda Gg Gareng	6,28	537	0,02	4,85
29	Sumur 29	Jln Nangka Utara Gg Samping UD Semangat Tani	6,04	521	0,02	6,32

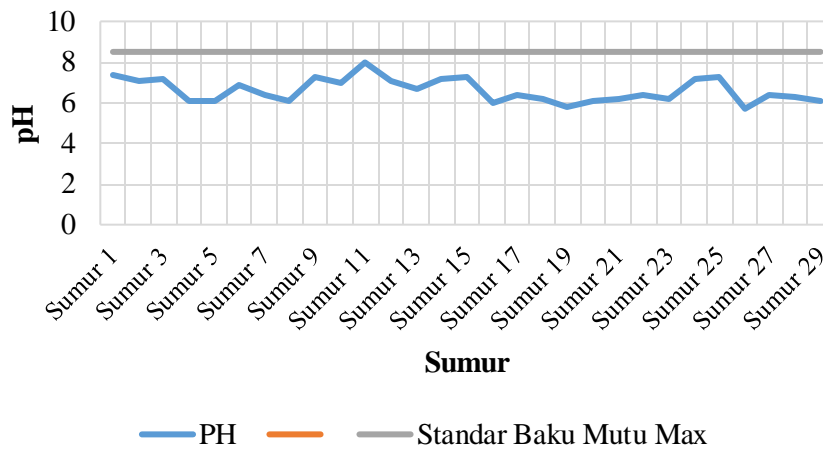
Power of Hydrogen (pH)

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 6, senyawa pH Kecamatan Denpasar utara bagian Selatan tergolong asam dan Kecamatan Denpasar Utara bagian Utara tergolong netral. Hasil penelitian dari survei lapangan berupa pengamatan parameter kimia senyawa pH, sampel air tanah dapat digolongkan ke dalam lima kondisi warna yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Selanjutnya diperbandingkan antara hasil pengujian pH dengan baku mutu kualitas air berdasarkan Permenkes No. 32 Tahun 2017 yang disajikan pada Gambar 8. Hasil pengukuran parameter pH pada (Gambar 8) menunjukkan bahwa dilihat dari pH air sumur memiliki nilai 5,7 sampai dengan 7,99. berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Peremenkes No, 32 Tahun 2017 parameter kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi pH 6.5- 8,5.



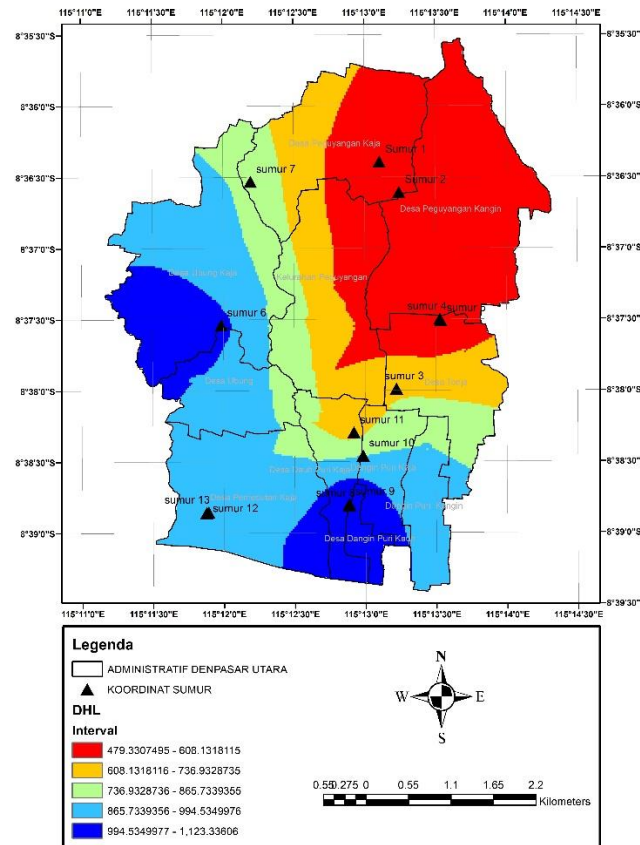
Gambar 7. Persebaran spasial nilai pH di Kecamatan Denpasar Utara



Gambar 8. Grafik perbandingan nilai pH dengan baku mutu

Daya Hantar Listrik (DHL) atau *Electro Conductivity* (EC)

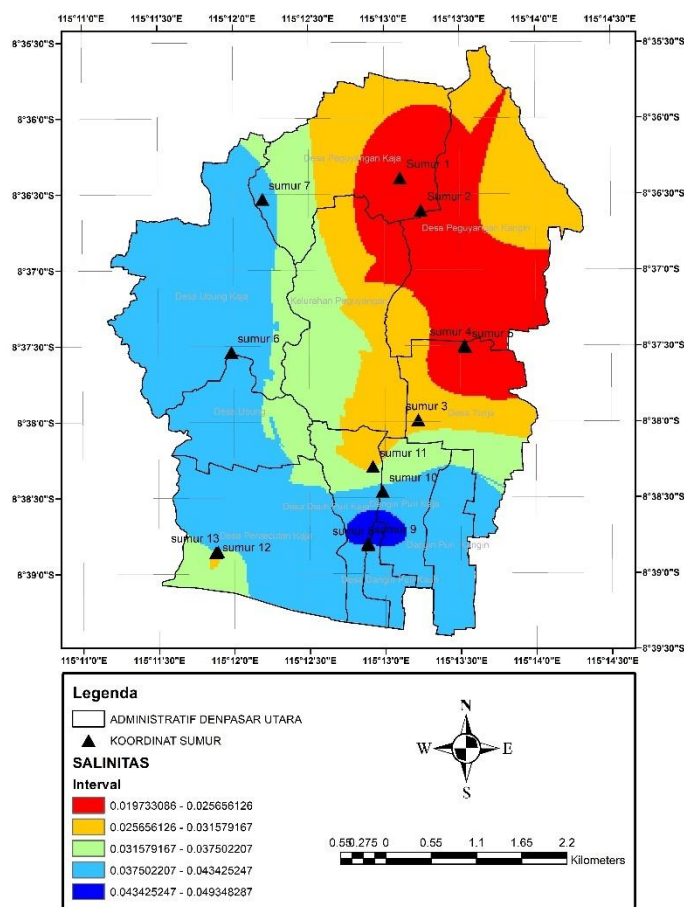
Berdasarkan parameter daya hantar listrik, sampel air digolongkan dalam 5 kondisi sesuai warnanya (Gambar 9). Hasil pengujian menunjukkan bahwa DHL di Kecamatan Denpasar Utara dari Utara ke Selatan semakin mengalami kenaikan nilai EC. Daya hantar listrik (DHL) sangat erat kaitannya dengan salinitas dimana semakin tinggi nilai salinitas, maka semakin tinggi nilai DHL. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya garam-garam dalam larutan yang terionisasi. Semakin banyak jumlah ion dalam larutan semakin besar daya hantar listriknya. Hasil pengujian EC disajikan dalam Tabel 6.



Gambar 9. Persebaran spasial nilai DHL di Kecamatan Denpasar Utara

Salinitas

Salinitas merupakan salah satu parameter dalam menentukan kualitas air, baik air permukaan maupun air tanah. Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan yang menggambarkan padatan total di dalam air dimana semua bahan organik telah dioksidasi. Menurut Purwanti dkk (2006) dalam [27], penggolongan atau klasifikasi tingkat keasinan air tanah untuk parameter salinitas terbagi atas air tawar dengan nilai salinitas <0,5‰, air payau dengan salinitas berkisar antara 0,5-30‰, air asin 30-50‰ dan air sangat asin atau air laut memiliki salinitas >40‰. Berdasarkan teori tersebut maka air sumur dangkal pada wilayah di Kecamatan Denpasar Utara termasuk kategori air tawar karena nilai salinitas yang didapat berkisar 0,0002 (0,02%)– 0,00049 (0,049%). Parameter salinitas pada sampel air tanah di wilayah Kecamatan Denpasar Utara dapat digolongkan ke dalam lima kondisi warna yang ditunjukkan pada Gambar 10.



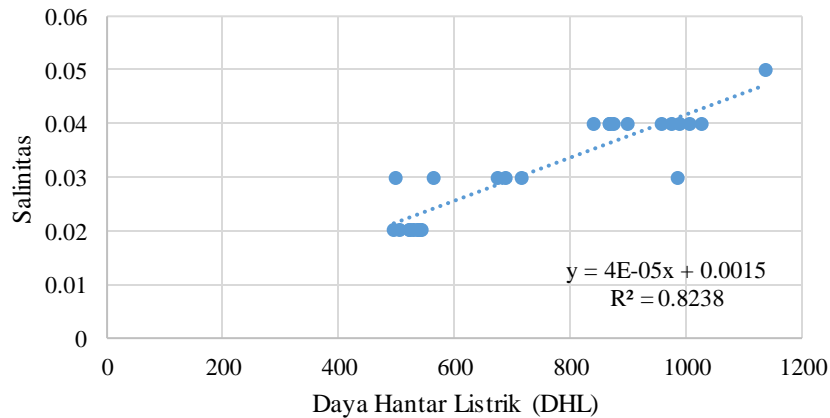
Gambar 10. Persebaran spasial nilai salinitas di Kecamatan Denpasar Utara

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa salinitas pada wilayah Kecamatan Denpasar Utara dari Utara semakin ke Selatan mengalami kenaikan nilai salinitas. Hal ini bersesuaian dengan hasil pengujian daya hantar listrik yakni semakin ke Selatan nilai DHL semakin meningkat dimana berdasarkan persamaan linier hubungan DHL dengan salinitas didapatkan nilai $R^2 = 0,8238$ yang disajikan pada grafik hubungan DHL dan salinitas yang ditunjukkan pada Gambar 11.

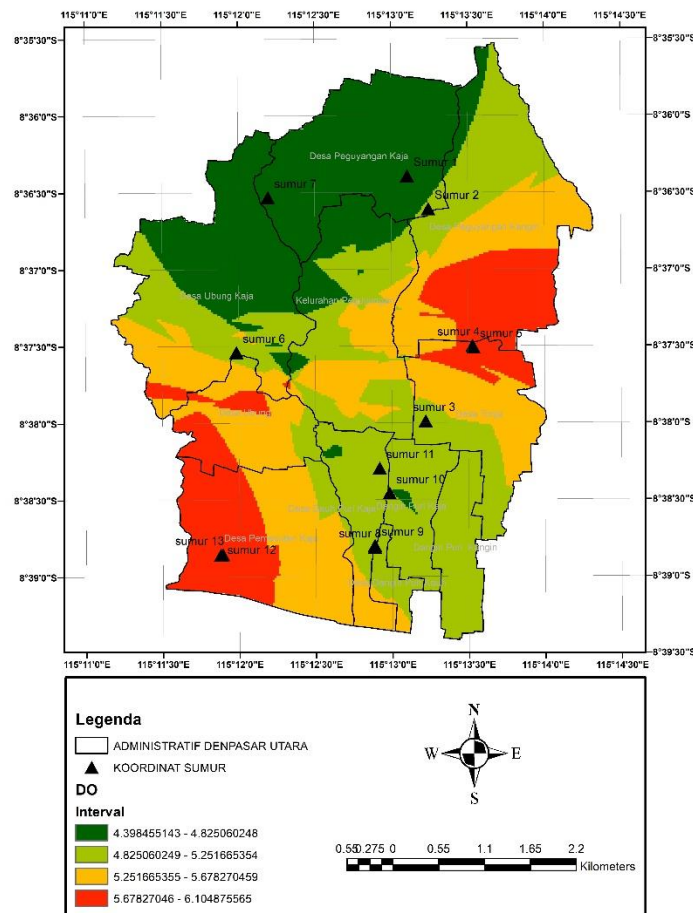
DO (Dissolved Oxygen)

Oksigen terlarut (*dissolved oxygen*, disingkat DO) atau sering juga disebut dengan kebutuhan oksigen (*Oxygen demand*) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air. Nilai DO yang biasanya diukur dalam bentuk konsentrasi ini menunjukkan jumlah oksigen (O_2) yang tersedia dalam

suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar [28]. Berdasarkan Permenkes No. 32 Tahun 2017 disebutkan bahwa standar baku mutu nilai DO adalah ≥ 4 mg/l. Berdasarkan hasil pengujian parameter DO didapatkan nilai DO pada sampel air tanah dangkal di Kecamatan Denpasar Utara adalah ≥ 4 mg/l dan nilai *dissolved oxygen* sampel air tanah dapat digolongkan ke dalam empat kondisi warna yang ditunjukkan pada Gambar 12. Dari hasil penelitian ditunjukkan bahwa nilai DO di Kecamatan Denpasar Utara dari Utara ke Selatan mengalami peningkatan nilai DO.



Gambar 11. Grafik hubungan DHL dan Salinitas di Kecamatan Denpasar Utara



Gambar 12. Persebaran spasial nilai DO di Kecamatan Denpasar Utara

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa fluktuasi muka air tanah pada daerah penelitian berkisar pada kedalaman 0 – 9 meter di bawah muka tanah dan berfluktuasinya muka air tanah tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor hidrometeorologi utamanya adalah musim hujan dan musim kemarau. Kualitas air tanah dangkal (sumur gali) di Kecamatan Denpasar Utara, yang ditinjau dari parameter fisika dan kimiawi, dapat dinyatakan memenuhi syarat untuk digunakan dalam memenuhi kebutuhan higienis dan sanitasi masyarakat dimana nilai kualitas air tanah dangkal hasil pengujian masih lebih rendah dibandingkan dengan dengan baku mutu sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Peremenkes No 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Shakoor *et al.*, “Delineation of regional groundwater vulnerability using DRASTIC model for agricultural application in Pakistan,” *Arab. J. Geosci.*, vol. 13, no. 4, 2020, doi: 10.1007/s12517-020-5161-y.
- [2] J. P. Galve *et al.*, “Cost-based analysis of mitigation measures for shallow-landslide risk reduction strategies,” *Eng. Geol.*, vol. 213, pp. 142–157, 2016, doi: 10.1016/j.enggeo.2016.09.002.
- [3] J. Taboada, C. Ordóñez, A. Saavedra, and G. Fiestras-Janeiro, “Fuzzy expert system for economic zonation of an ornamental slate deposit,” *Eng. Geol.*, vol. 84, no. 3–4, pp. 220–228, 2006, doi: 10.1016/j.enggeo.2006.02.002.
- [4] H. Rajput, R. Goyal, and U. Brighu, “Modification and optimization of DRASTIC model for groundwater vulnerability and contamination risk assessment for Bhiwadi region of Rajasthan, India,” *Environ. Earth Sci.*, vol. 79, no. 6, pp. 1–15, 2020, doi: 10.1007/s12665-020-8874-z.
- [5] C. Ouyang, Z. Wang, H. An, X. Liu, and D. Wang, “An example of a hazard and risk assessment for debris flows—A case study of Niwan Gully, Wudu, China,” *Eng. Geol.*, vol. 263, p. 105351, 2019, doi: 10.1016/j.enggeo.2019.105351.
- [6] S. M. Shirazi, H. M. Imran, and S. Akib, “GIS-based DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment: a review,” *J. Risk Res.*, vol. 15, no. 8, pp. 991–1011, Sep. 2012, doi: 10.1080/13669877.2012.686053.
- [7] M. De Caro, G. B. Crosta, and A. Previati, “Modelling the interference of underground structures with groundwater flow and remedial solutions in Milan,” *Eng. Geol.*, vol. 272, no. September 2019, p. 105652, 2020, doi: 10.1016/j.enggeo.2020.105652.
- [8] M. M. Nistor, H. Rahardjo, A. Satyanaga, K. Z. Hao, Q. Xiaosheng, and A. W. L. Sham, “Investigation of groundwater table distribution using borehole piezometer data interpolation: Case study of Singapore,” *Eng. Geol.*, vol. 271, no. March, p. 105590, 2020, doi: 10.1016/j.enggeo.2020.105590.
- [9] P. D. H. Ardana, I. W. Redana, M. I. Yekti, and I. N. Simpen, “Groundwater Level Forecasting Using Multiple Linear Regression and Artificial Neural Network Approaches,” *Civ. Eng. Archit.*, vol. 10, no. 3, pp. 784–799, 2022, doi: 10.13189/cea.2022.100304.
- [10] R. W. Healy and P. G. Cook, “Using Groundwater Levels to Estimate Recharge,” *Hydrogeol. J.*, vol. 10, pp. 91–109, 2002, doi: 10.1007/s10040-001-0178-0.
- [11] G. N. Kouziokas, A. Chatzigeorgiou, and K. Perakis, “Multilayer Feed Forward Models in Groundwater Level Forecasting Using Meteorological Data in Public Management,” *Water Resour. Manag.*, 2018.
- [12] D. Ameilia, I. G. Sugiyanta, and I. L. Nugraheni, “Analisis Kualitas Air Tanah Dangkal Untuk Keperluan Air Minum di Desa Pematang Dina,” *J. Penelit. Geogr.*, vol. 6, no. 4, 2018.
- [13] N. P. Basofi, S. Nyompa, and Amal, “Kualitas Air Tanah Untuk Keperluan Air Minum di Desa Ujung Lero Kecamatan Suppa Kabupaten Pinrang,” *J. Environmental Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 137–144, 2020, doi: 10.26858/ugj.v2i2.11653.
- [14] I. G. A. A. Tejastini, I. W. Diara, and I. N. Dinia, “Aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk Kajian Fluktuasi Muka Air Tanah dan Karakteristik Akuifer di Kecamatan Denpasar Utara, Kota

- Denpasar,” *J. Agroekoteknologi Trop.*, vol. 8, no. 2, pp. 242–251, 2019.
- [15] K. A. D. Wahyuni, R. Suyarto, and T. B. Kusmiyarti, “Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Kajian Fluktuasi Muka Air Tanah dan Karakteristik Akuifer di Kecamatan Denpasar Selatan Kota Denpasar,” *J. Agroekoteknologi Trop.*, vol. 8, no. 2, pp. 242–251, 2019.
- [16] N. L. A. D. Lestari, N. M. Trigunangsih, and Wiyanti, “Aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk Kajian Fluktuasi Muka Air Tanah dan Karakteristik Akuifer di Kecamatan Denpasar Barat,” *J. Agroekoteknologi Trop.*, vol. 8, no. 3, pp. 332–342, 2019.
- [17] P. S. Buana, Wiyanti, and R. Suyarto, “Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Kajian Fluktuasi Muka Air Tanah dan Karakteristik Akuifer di Kawasan Kecamatan Denpasar Timur Kota Denpasar,” *J. Agroekoteknologi Trop.*, vol. 8, no. 3, pp. 343–353, 2019.
- [18] R. Suyarto, “Kajian Akifer di Kecamatan Denpasar Barat Provinsi Bali,” *J. Bumi Lestari*, vol. 12, no. 1, pp. 162–166, 2012.
- [19] I. W. Redana, *Air Tanah*. Denpasar: Udayana University Press, 2016.
- [20] K. Subramanya, *Engineering Hydrology*, 3rd ed. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company, 2008.
- [21] Aprianto Sabihi, N. Nurfaika, and Syahrizal Koem, “Pemanfaatan Teknologi Sistem Informasi Geografi Untuk Pemetaan Pola Aliran Air Tanah Di Kecamatan Limboto,” *Ocean Eng. J. Ilmu Tek. dan Teknol. Marit.*, vol. 1, no. 4, pp. 51–63, 2022, doi: 10.58192/ocean.v1i4.370.
- [22] Suharyadi, *Diktat Kuliah: Geohidrologi (Ilmu Air Tanah)*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 1984.
- [23] R. Ismawati, M. N. Ngirfani, and A. Rinarni, “Penurunan Kadar Besi Air Sumur Gali dengan Menggunakan Mn-Zeolit,” *EduChemia (Jurnal Kim. dan Pendidikan)*, vol. 3, no. 2, p. 135, 2018, doi: 10.30870/educhemia.v3i2.2250.
- [24] Aronoff, *Geographic Information System : A Management Perspective*. Ottawa, Canada: WDL Publications, 1989.
- [25] G. H. Pramono, “Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan,” *Forum Geogr.*, vol. 22, no. 2, p. 145, 2008, doi: 10.23917/forgeo.v22i2.4988.
- [26] Anonim, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum*. Indonesia, 2017, pp. 1–20.
- [27] Hasrianti and Nuraisa, “Analisis Warna, Suhu, PH dan Salinitas Air Sumur Bor di Kota Palopo,” *J. Elektron. Univ. Cokroaminoto Palopo*, vol. 2, no. 1, pp. 747–896, 2015.
- [28] A. Prahutama, “Estimasi Kandungan DO (Dissolved Oxygen) di Kali Surabaya dengan Metode Kriging,” *J. Jur. Stat.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2013.