

## ANALISIS KEDALAMAN DAN KUALITAS AIR TANAH DI KECAMATAN SIPATANA KOTA GORONTALO BERDASARKAN PARAMETER FISIKA DAN KIMIA

*Aang Panji Permana*

*Prodi Teknik Geologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo,  
Jalan Jenderal Sudirman No 6 Kota Gorontalo, 96128, Indonesia  
E-mail: aang@ung.ac.id*

### ABSTRAK

*Tujuan penelitian mengetahui posisi kedalaman muka air tanah dari muka air laut dan mengetahui kualitas air tanah berdasarkan parameter fisika dan kimia. Metode penelitian yang dilakukan terbagi menjadi dua yakni metode survei lapangan dan analisis laboratorium. Hasil analisis menunjukkan perbandingan hasil pengamatan parameter fisika air (warna, bau dan rasa) dari dua tahap menunjukkan 18 sumur atau 36% yang berubah secara fisika. Analisis laboratorium untuk parameter kimia pada sampel air sumur nomor 15 memenuhi syarat untuk air minum baik kandungan arsen, besi maupun nitrat. Pemanfaatan air tanah di 50 sumur warga dominan dipakai kebutuhan sehari-hari yakni untuk air minum dan MCK sebanyak 34 sumur atau 68%. Berdasarkan model pola aliran air tanah diketahui ada enam titik cekungan rendah ditandai berwarna biru (ketinggian muka air tanah 1-5 meter).*

**Kata kunci:** Air Tanah, Kualitas, Sipatana.

### ABSTRACT

*The purpose of the research is to know the position of the depth of the groundwater from the sea level and to know the quality of groundwater based on physical and chemical parameters. The research method carried out is divided into two, namely the field survey method and laboratory analysis. The results of the analysis showed a comparison of the results of observations of water physics parameters (color, smell and taste) from the two stages showing 18 wells or 36% which changed physically. Laboratory analysis for chemical parameters in number 15 well water samples meets the requirements for drinking water both in arsenic, iron and nitrate content. Daily use of ground water in 50 wells of dominant citizens is used for drinking water and MCK as many as 34 wells or 68%. Based on the model of groundwater flow patterns it is known that there are six low basin points marked in blue (1-5 meters groundwater level).*

**Keywords:** Groundwater, Quality, Sipatana.

## 1. PENDAHULUAN

Ketersediaan air permukaan tidak mencukupi kebutuhan sehari-hari dan semakin diperburuk oleh polusi, urbanisasi, dan industrialisasi sehingga aset air tanah menjadi hal penting bagi

kehidupan manusia (Raju *et al.*, 2011). Air tanah adalah sumber yang bagus untuk sumber air bersih untuk pemanfaatan berkelanjutan. Penyaringan alami melalui tanah dan sedimen membuat air tanah bebas dari kotoran organik (Karanth, 1989). Air tanah adalah sumber utama air di lingkungan kering dan semi-kering yang memenuhi persyaratan kegunaan yang berbeda yaitu minum, domestik, dan irigasi khususnya untuk penduduk pedesaan (Srinavas *et al.*, 2015).

Kecamatan Sipatana secara geografis terletak paling utara Kota Gorontalo yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Gorontalo dan Kabupaten Bone Bolango. Luas wilayahnya 5,05 km<sup>2</sup> atau 6,39% dari luas Kota Gorontalo 79,03 km<sup>2</sup> (Perda RTRW., 2011). Rata-rata ketinggian wilayah Kecamatan Sipatana adalah 18 meter dan dilalui Sungai Bolango (BPN Kota Gorontalo., 2013). Kecamatan Sipatana terdiri dari 5 kelurahan yakni Bulotadaa Barat, Bulotadaa Timur, Molosifat U, Tanggikiki dan Tapa. Jumlah penduduknya 17.487 atau 9,18% dari jumlah penduduk Kota Gorontalo 196.897 (Perda RTRW., 2011).

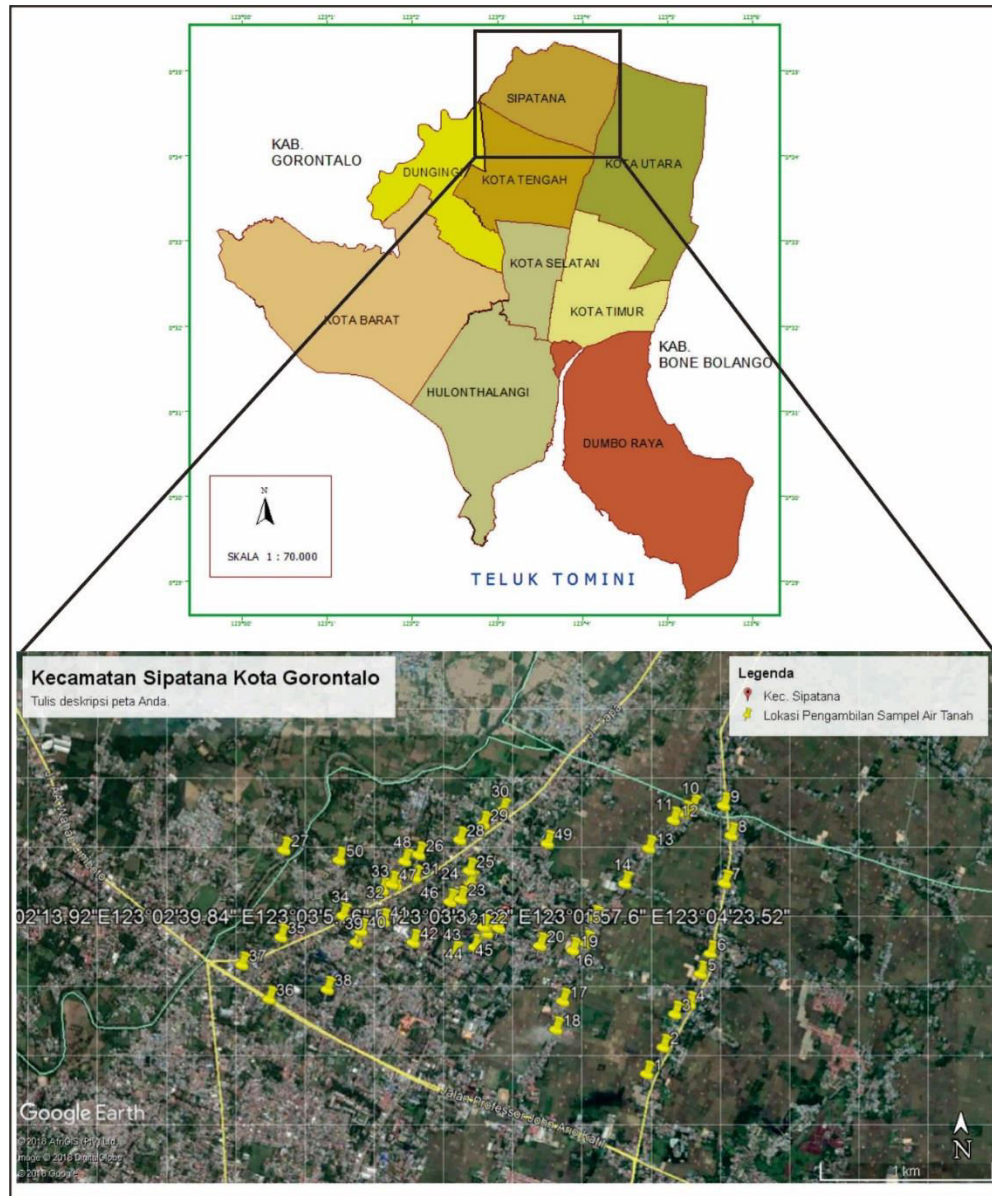
Kecamatan Sipatana berdasarkan kondisi morfologi merupakan dataran rendah dengan penyusun dominan adalah endapan aluvial (Qal) yang berumur resen. Materialnya berupa pasir lempung, lanau, kerkil, dan kerakal, berupa endapan danau dan sungai dengan ketebalan mencapai beberapa puluh meter (Bachri *et al.*, 1997).

Cekungan air tanah Limboto-Gorontalo terdiri dari akuifer tak terkekang (bebas) dan akuifer semi terkekang-terkekang. Kedudukan akuifer pada kedalaman 40-80 meter. Ketebalan akuifer berkisar 3–30 meter, muka air tanah kurang lebih 3 meter di atas permukaan laut (MDPL) berfluktuasi kurang lebih 2 meter. Berdasarkan analisis korelasi litologi sumur bor, akuifer bebas mempunyai kedalaman beragam dari 2-9 meter di bawah muka tanah (Pranantya dan Rengganis., 2010).

Hipotesis yang bisa dibangun adalah posisi air tanah di daerah penelitian merupakan air tanah dangkal. Kualitas air tanah diinterpestasikan umumnya memenuhi syarat bagi kebutuhan sehari-hari penduduk. Berdasarkan hipotesis tersebut maka dapat dibuat dua tujuan penelitian yakni mengetahui secara pasti posisi kedalaman muka air tanah dari permukaan air laut dan mengetahui kualitas air tanah berdasarkan parameter fisika dan kimia.

## **2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN**

Bahan atau material penelitian adalah air tanah yang ada di wilayah Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo. Sampel air tanah diambil dari 50 sumur warga baik sumur gali (timba) maupun sumur bor yang cara sampling *random* (acak) namun mewakili seluruh wilayah Kecamatan Sipatana. Lokasi penelitian Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo dibatasi letak geografis 00° 34' 15,0" - 00° 35' 05,2" Lintang Utara dan 123° 03' 1,2"- 123° 04' 24,9" Bujur Timur (Gambar 1).



**Gambar 1.** Lokasi penelitian air tanah di Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo yang berada paling utara

Metode penelitian yang dilakukan terbagi menjadi dua yakni metode survei lapangan dan analisis laboratorium. Untuk metode survei lapangan meliputi pengukuran koordinat posisi sumur secara geografi (lintang dan bujur), elevasi (ketinggian posisi sumur dengan permukaan air laut) dan kedalaman air tanah dari permukaan tanah. Data elevasi dan kedalaman air tanah kemudian dikonversi selisihnya sehingga didapatkan ketinggian muka air tanah dari permukaan air laut. Selain itu, survei lapangan dilakukan juga untuk pengamatan langsung 50 sumur warga berdasarkan parameter fisika air baik warna, bau maupun rasa. Survei lapangan juga mengecek pemanfaatan sumur oleh warga dan pengambilan sampel air untuk analisis kimia. Data pemanfaatan sumur juga diperoleh melalui survei ini dengan melakukan wawancara langsung dengan warga pemilik sumur guna akurasi data. Sedangkan untuk metode analisis laboratorium yakni analisis parameter kimia di UPTD Instalansi Laboratorium Kualitas Air Dinas Kesehatan Kabupaten Gorontalo. Analisis parameter fisika dan kimia air tanah sudah banyak dilakukan di berbagai tempat (Ambica *et al.*, 2017; Castro

*et al.*, 2018; Indrawan *et al.*, 2012; Madhav *et al.*, 2018; Ridhosari dan Roosmini., 2011; Saleem *et al.*, 2016; Srinivasa *et al.*, 2015; Winata dan Hartantyo., 2013).

Hasil survei lapangan dan analisis kimia tersebut kemudian diolah dengan menggunakan software *surfer* 10 untuk membuat peta pola penyebaran air tanah dan arah pola pengaliran serta gambaran tiga dimensinya. Penggunaan *software surfer* sudah banyak diaplikasikan pada berbagai bidang (Donil., 2015; Fahmi *et al.*, 2014; Handoko *et al.*, 2014; Nugroho dan Yarianto., 2010; Sehad *et al.*, 2016; Sofiyani *et al.*, 2012; Widiyati *et al.*, 2010).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran di lapangan elevasi (posisi sumur dengan permukaan air laut) berdasarkan (Tabel 1) berkisar 7 – 29 meter dengan ketinggian rata-rata elevasi dari 50 sumur warga yang diteliti adalah 17,4 meter. Sedangkan kedalaman air tanah dari permukaan tanah berkisar 1,7 – 12 meter dengan kedalaman rata-rata air tanah dari permukaan tanah adalah 5,518 meter. Berdasarkan data elevasi dan kedalaman air tanah dari permukaan tanah kemudian dikonversi dengan cara menghitung selisih data keduanya untuk mendapatkan ketinggian muka air tanah yang nanti akan diolah pada *software surfer* 10. Hasil perhitungan didapat ketinggian muka air tanah berdasarkan posisinya dari permukaan air laut berkisar antara 1 – 25,4 meter dengan ketinggian rata-rata muka air air tanah sebesar 12,019 meter.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Elevasi dan Posisi Muka Air Tanah dari 50 Sumur di Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo

No Sumur	Elevasi (Meter)	Kedalaman (Meter)	Air	Muka Air Tanah (E-KAT) (Meter)
1	16	2,2		13,8
2	18	2,06		15,94
3	12	2,17		9,83
4	14	2,12		11,88
5	7	1,89		5,11
6	11	2,3		8,7
7	24	2,3		21,7
8	17	2,26		14,74
9	14	7		7
10	14	2,4		11,6
11	15	2,23		12,77
12	14	2		12
13	13	2,84		11,16
14	10	1,7		8,3
15	9	8		1
16	11	1,55		1,45
17	12	1,7		10,3
18	11	1,9		9,1
19	12	8		4
20	13	3		10
21	28	6		22
22	29	3,6		25,4
23	29	6		23
24	27	3,9		23,1
25	25	4,1		20,9
26	22	3		19
27	21	4,14		16,86

No Sumur	Elevasi (Meter)	Kedalaman (Meter)	Air	Muka Air Tanah (E-KAT) (Meter)
28	20	4,3		15,7
29	22	9		13
30	22	4		18
31	20	8		12
32	17	3		14
33	14	12		2
34	18	5,7		12,3
35	17	12		5
36	16	12		14
37	19	8		11
38	21	8		13
39	22	8,7		13,3
40	19	7,5		11,5
41	19	8		11
42	16	2,8		13,2
43	18	3,7		14,3
44	17	8		9
45	18	12		6
46	15	8		7
47	19	12		7
48	18	12		6
49	18	5		13
50	17	8		9

Hasil pengamatan yang diperoleh dari survei lapangan menunjukkan bahwa dari 50 sumur warga yang menjadi sampel penelitian ternyata didominasi jenis sumur bor. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan jumlah sumur gali (timba) sebanyak 23 sumur atau 46% dan sumur bor totalnya 27 sumur atau 54% (Tabel 2).

**Tabel 2.** Jenis Sumur yang Digunakan Warga di Kecamatan Sibatana Kota Gorontalo

No	Jenis Sumur	Jumlah	Persen
1	Sumur Gali (Timba)	23	46%
2	Sumur Bor	27	54%
	Total	50	100%



**Gambar 2.** Pengambilan data lapangan berupa pengamatan parameter fisika air sumur dan pencatatan kedalaman air tanah serta pengambilan sampel untuk analisis parameter kimia

Keadaan fisika air tanah yang menjadi tolak ukur pengamatan yakni warna, bau dan rasa pada survei lapangan di 50 sumur warga terbagi menjadi dua tahap pengamatan (Gambar 2). Pertama, pengamatan kondisi air tanah secara fisika di lokasi sumur yakni pada saat sampel air tanah diambil. Kedua, pengamatan kondisi air tanah secara fisika di laboratorium kampus yakni setelah sampel air tanah didiamkan 1 x 24 jam. Dua tahap pengamatan parameter fisika pada air tanah tujuan untuk mengetahui apakah sampel air tanah yang diteliti mengalami perubahan warna, bau maupun rasa setelah didiamkan 1 x 24 jam.

**Tabel 3.** Hasil Pengamatan Kondisi Air Berdasarkan Parameter Fisika (Saat Pengambilan Sampel Langsung) di 50 Sumur di Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo

No	Kondisi Air	Jumlah	Persen
1	Berbau, tidak berasa, dan jernih	2	4%
2	Tidak berbau, tidak berasa, dan jernih	42	84%
3	Tidak berbau, tidak berasa, dan keruh	4	8%
4	Tidak berbau, tidak berasa, agak keruh dan berminyak	1	2%
5	Tidak berbau, rasa asin, dan jernih	1	2%
	Total	50	100%

Hasil pengamatan parameter fisika air tanah untuk tahap pertama di lokasi sumur (saat pengambilan sampel) dapat dilihat pada Tabel 3. Secara umum ada lima keadaan fisika air tanah yang berhasil diamati. Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa dominan dari air tanah yang diambil dari sumur warga menunjukkan tidak berbau, tidak berasa, dan jernih jumlahnya 42 sumur atau 84%. 4 sumur atau 8% ditemukan kondisi airnya tidak berbau, tidak berasa namun keruh. 2 sumur atau 4% menunjukkan kondisi air tanah berbau, tidak berasa dan jernih. 1 sumur atau 2%, kondisi airnya tidak berbau, tidak berasa namun agak keruh bahkan berminyak dan 1 sumur atau 2% ditemukan kondisi airnya tidak berbau, jernih namun berasa asin.

Hasil pengamatan parameter fisika air tanah untuk tahap kedua di laboratorium kampus (setelah sampel air tanah didiamkan 1 x 24 jam) dapat dilihat pada Tabel 4. Secara umum ada dua keadaan fisika air tanah yang berhasil diamati. Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa dominan dari air tanah yang diambil dari sumur warga menunjukkan warna agak kekuningan dan terdapat endapan warna coklat sebanyak 26 sumur atau 52%. Sedangkan 24 sumur atau 48% menunjukkan kondisi airnya jernih dan tidak ada endapan.

**Tabel 4.** Hasil Pengamatan Kondisi Air Berdasarkan Parameter Fisika (Setelah 1 x 24 jam) di 50 Sumur di Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo

No	Kondisi Air	Jumlah	Persen
1	Agak kekuningan dan endapan warna coklat	26	52%
2	Jernih dan tidak ada endapan	24	48%
	Total	50	100%

Analisis dari pengamatan parameter fisika air tanah di dua tahapan terdapat perbedaan mencolok yakni pada tahap pengamatan pertama dominan kondisi air tanahnya tidak berbau, tidak berasa, dan jernih jumlahnya 42 sumur atau 84%. Namun pada tahap pengamatan kedua, justru terjadi sebaliknya yang dominan yakni kondisi air tanahnya agak kekuningan dan

terdapat endapan warna coklat sebanyak 26 sumur atau 52%. Sedangkan kondisi air tanah yang jernih dan tidak ada endapan hanya 24 sumur atau 48%. Interpretasi yang bisa ditarik bahwa pada pengamatan pertama saat air tanah diambil jernih sebanyak 42 sumur atau 84% mengalami perubahan secara fisika karena turun menjadi hanya 24 sumur atau 48% artinya ada 18 sumur atau 36% yang berubah secara fisika. Kondisi air tanah yang berubah terdapat endapan warna coklat menjadi indikasi awal untuk dilakukan tindak lanjut analisis laboratorium dimana berdasarkan (Permenkes., 2010) kadar maksimum yang diperbolehkan untuk TDS 1.000 Mg/L (air minum) dan 1.500 Mg/L (air bersih). Endapan ini bisa jadi terbentuk karena setelah sampel air didiamkan selama 1 x 24 jam senyawa yang tadinya tersuspensi di air akhirnya terendapkan.

Hasil pengamatan pada saat survei lapangan dan wawancara warga untuk pemanfaatan air tanah di 50 sumur warga bisa dilihat pada Tabel 5. Secara umum ada lima macam pemanfaatan air. Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa dominan pemanfaatan air tanah dari sumur warga untuk dipakai kebutuhan sehari-hari yakni untuk air minum dan MCK sebanyak 34 sumur atau 68%. Pemanfaatan air tanah berikutnya untuk MCK kecuali air minum sebanyak 7 sumur atau 14%. 5 sumur atau 10% pemanfaatan airnya hanya untuk mencuci. 3 sumur atau 6% airnya hanya digunakan untuk mandi dan 1 sumur atau 2% airnya tidak digunakan warga.

**Tabel 5.** Hasil Pengamatan dan Wawancara Warga Dalam Pemanfaatan Air Tanah di 50 Sumur di Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo

No	Pemanfaatan	Jumlah Sumur	Persen
1	Dipakai untuk kebutuhan sehari-hari	34	68%
2	MCK kecuali minum	7	14%
3	Tidak digunakan	1	2%
4	Untuk mencuci	5	10%
5	Untuk Mandi	3	6%
	Total	50	100%

Hasil wawancara dengan warga pemilik sumur ternyata diketahui ada keluhan yang disampaikan warga. Warga pemilik sumur no 20 dan 22 merupakan sumur musiman (ketika musim kemarau) sumur akan kering. Selain itu, warga pemilik sumur no 21 mengaku mengalami gatal-gatal ketika memakai air sumur. Berdasarkan pengamatan ternyata posisi sumur no 21 dekat dengan sistem pengairan atau irigasi yang kemungkinan bisa menjadi penyebab air sumur terkontaminasi zat-zat penyebab alergi. Kasus di sumur no 29, pemilik yang mempunyai rumah makan mengeluhkan air sumurnya berminyak ketika didiamkan beberapa jam. Kondisi berbeda dialami pemilik sumur no 35 menyampaikan airnya akan sangat keruh ketika hujan meski berupa sumur bor ternyata penyebab kekeruhan pada air sumur dikarenakan bagian atas sumur bor terbuka dan muka pipa pada sumur ini hampir sama bahkan lebih rendah dari permukaan tanah sehingga air mudah merembes masuk ke dalam sumur bor. Sumur no 49 sesuai pengamatan diidentifikasi air terasa terkontaminasi oleh detergen, dilihat dari model lubang sumur tampak tidak lurus dan kemungkinan kontaminasi detergen masuk dengan merembes dari celah pada bagian sumur yang tidak lurus.

**Tabel 6.** Hasil Analisis Laboratorium (Pemeriksaan Kimia) Air pada Sumur No 15 di UPTD Instalansi Laboratorium Kualitas Air Dinas Kesehatan Kabupaten Gorontalo

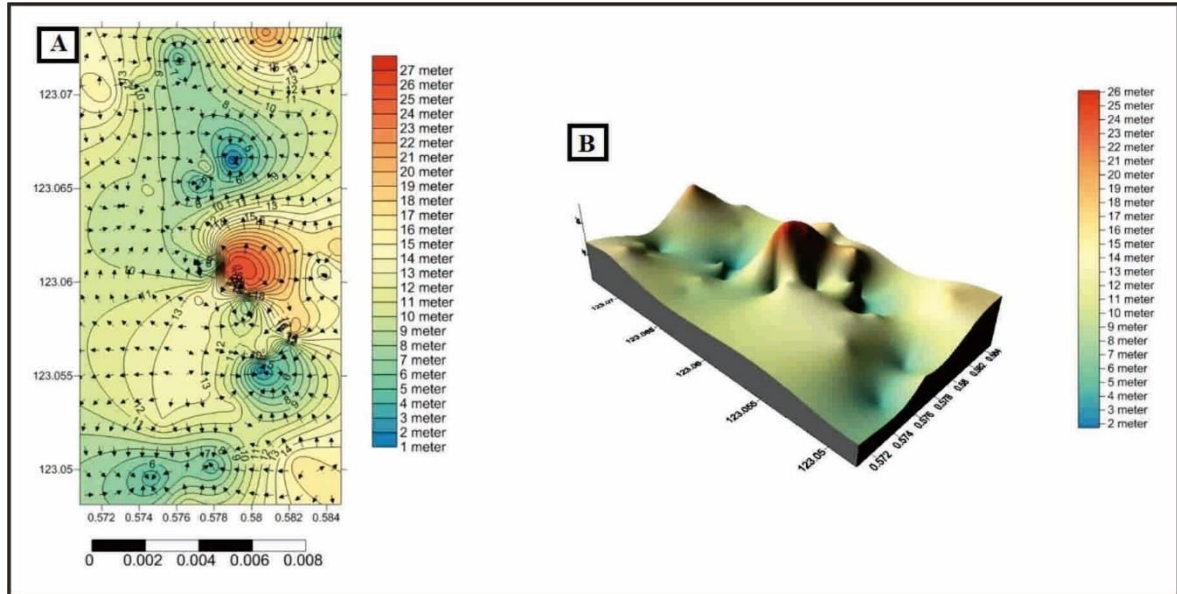
Parameter Kimia	Satuan	Kadar Maksium	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
Arsen	Mg/L	0,05	0	Memenuhi Syarat
Besi	Mg/L	0,3	0,08	Memenuhi Syarat
Nitrat Sebagai N	Mg/L	50	1,3	Memenuhi Syarat

Hasil pengamatan parameter fisika air tanah pada 50 sumur warga baik pada tahap pertama maupun tahap kedua dikombinasi pemanfaatan untuk keperluan sehari-hari seperti air minum maka perlu dilakukan analisis laboratorium untuk parameter kimia. Sampel air tanah yang digunakan untuk air minum yang dianalisis secara kimia adalah yang berada pada sumur no 15. Analisis parameter kimia dilakukan di UPTD Instalansi Laboratorium Kualitas Air Dinas Kesehatan Kabupaten Gorontalo. Parameter kimia yang dianalisis kelayakannya yakni kandungan arsen, besi dan nitrat sebagai N. Hasil analisis laboratorium untuk parameter kimia dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6, sampel air tanah secara kimia memenuhi syarat untuk air minum. Kandungan arsen sebesar 0 Mg/L memenuhi syarat karena kadar maksimum 0,05 Mg/L. Kandungan besi sebesar 0,08 Mg/L memenuhi syarat karena kadar maksimum 0,3 Mg/L dan Kandungan nitrat sebagai N sebesar 1,3 Mg/L memenuhi syarat untuk air minum karena kadar maksimum 50 Mg/L (Permenkes., 2010).

Hasil survei lapangan berupa pengukuran koordinat posisi sumur berdasarkan koordinat geografi dan perhitungan ketinggian muka air tanah dari selisih nilai elevasi dan kedalaman air sumur kemudian diolah dengan *software surfer 10*. Pengolahan data lapangan dengan *software surfer 10* bertujuan membuat peta pola pengaliran air tanah dan arah aliran air tanah serta kenampakan tiga dimensi dari penyebaran aliran air tanah di Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo (Gambar 3).

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan model pola aliran air tanah diketahui ada enam titik cekungan rendah ditandai berwarna biru (ketinggian muka air tanah 1-5 meter). Sedangkan ketinggian muka air tanah yang paling tinggi ditandai warna merah (ketinggian 26-27 meter).





**Gambar 3.** Peta pola pengaliran air tanah berdasarkan data kedalaman muka air tanah dari 50 sumur di Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo. (A) Pola aliran air tanah dan kontur kedalaman, (B) Penampang tiga dimensi posisi muka air tanah

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian kedalaman dan kualitas air tanah di Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo maka dapat ditarik beberapa kesimpulan penting, antara lain:

1. Ketinggian rata-rata elevasi dari 50 sumur adalah 17,4 meter, kedalaman rata-rata air tanah dari permukaan tanah adalah 5,518 meter dan ketinggian rata-rata muka air tanah dari permukaan air laut sebesar 12,019 meter.
2. Jenis sumur yang menjadi obyek penelitik dominan sumur bor sebanyak 27 sumur atau 54% sedangkan sumur gali sebanyak 23 sumur atau 46%.
3. Hasil pengamatan parameter fisika air tanah untuk tahap pertama dominan dari air tanah yang diambil dari sumur warga menunjukkan tidak berbau, tidak berasa, dan jernih jumlahnya 42 sumur atau 84%.
4. Hasil pengamatan parameter fisika air tanah untuk tahap kedua (setelah sampel air tanah didiamkan 1 x 24 jam) dominan air berwarna agak kekuningan dan terdapat endapan warna coklat sebanyak 26 sumur atau 52%.
5. Perbandingan hasil pengamatan parameter fisika air dari dua tahap menunjukkan 18 sumur atau 36% yang berubah secara fisika karena terdapat endapan warna coklat menjadi indikasi awal untuk dilakukan tindak lanjut analisis laboratorium.
6. Pemanfaatan air tanah di 50 sumur warga dominan dipakai kebutuhan sehari-hari yakni untuk air minum dan MCK sebanyak 34 sumur atau 68%.
7. Analisis laboratorium untuk parameter kimia untuk sampel air sumur no 15 memenuhi syarat untuk air minum baik kandungan arsen, besi maupun nitrat.
8. Berdasarkan model pola aliran air tanah diketahui ada enam titik cekungan rendah ditandai berwarna biru (ketinggian muka air tanah 1-5 meter).

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ambica, A., Saritha, B., and Changring, G. (2017). Analysis of groundwater quality in and around Tambaram Taluk, Kancheepuram District. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 8 (8), 1362–1369.
- Bachri, S., Partoyo, E., Bawono, S.S., Sukarna, D., Surono dan Supandjono, J.B. (1997). Geologi Daerah Gorontalo, Sulawesi Utara. *Kumpulan Makalah Hasil Penelitian dan Pemetaan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1996/1997*, 18-30.
- BPN Kota Gorontalo. (2013). Badan Pertanahan Nasional Kota Gorontalo.
- Castro, R.P., Pacheco, J., Avila, Ming Ye., and Sansores, A.C. (2018). Groundwater Quality: Analysis of Its Temporal and Spatial Variability in a Karst Aquifer. *Groundwater*, 56 (1), 62–72.
- Fahmi, K., Indrayanti, E., dan Setyawan, W.B. (2014). Kajian arus dan batimetri di perairan pesisir Bengkulu. *Jurnal Oseanografi*, 3 (4), 549 – 559.
- Handoko, A.W., Darsono dan Darmanto. (2016). Aplikasi metode self potential untuk pemetaan sebaran lindi di wilayah tempat pembuangan akhir (TPA) Putri Cempo Surakarta. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 13-22.
- Indrawan, T., Gunawan, T., dan Sudibyakto. (2012). Kajian pemanfaatan dan kelayakan kualitas air tanah untuk kebutuhan domestik dan industri kecil-menengah di Kecamatan Laweyan Kota Surakarta Jawa Tengah. *Majalah Geografi Indonesia*, 26 (1), 46-59.
- Karant, K.R. (1989). *Hydrogeology*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Madhav, S., Ahamad, A., Kumar, A., Kushawaha, J., Singh, P., and Mishra, P.K. (2018). Geochemical assessment of groundwater quality for its suitability for drinking and irrigation purpose in rural areas of Sant Ravidas Nagar (Bhadohi), Uttar Pradesh. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 2 (2), 127–136.
- Nodil, N.S. (2015). Kemampuan lahan Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh menggunakan metode deskriptif dengan surfer 9. *Jurnal national Ecopedon*, 2 (2), 41-45.
- Nugroho, A., dan Yariant, S.B.S. (2010). Pembuatan peta digital topografi Pulau Panjang, Banten menggunakan ArcGIS 9.2 dan surfer 8. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 12 (1), 38-45.
- Perda RTRW. (2011). Pemkot Kota Gorontalo, perda RTRW nomer 40.
- Permenkes (2010). Permenes RI No 492/MENKES/PER-IV/2010.
- Pranantya, P.A., dan Rengganis, H. (2010). Interpretasi geohidrologi untuk penentuan sistem cekungan air tanah Limboto-Gorontalo. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 6 (2), 95–192.

- Raju, N.J., Shukla, U.K., and Ram, P. (2011). Hydrogeochemistry for the assessment of groundwater quality in Varanasi: a fast-urbanizing center in Uttar Pradesh, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173, 279–300.
- Ridhosari, B., dan Roosmini, D. (2011). Evaluasi kualitas air tanah dari sumur gali akibat kegiatan domestik di Kampung Daraulin-Desa Nanjung. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 17 (1), 47-58.
- Saleem, M., Hussain, A., and Mahmood, G. (2016). Analysis of groundwater quality using water quality index: A case study of greater Noida (Region), Uttar Pradesh (U.P), India. *Cogent Engineering* (3), 1-11.
- Sehah., Aziz, A. N., dan Raharjo, S.A. (2016). Pengembangan model pelatihan pembuatan peta kontur topografi untuk mengidentifikasi dini zona-zona rawan bencana longsor di Kabupaten Banjarnegara. *JRKPF UAD*, 3 (2), 67-73.
- Sofiyani, I., Taofiqurrahman, A., Purba, N.P., dan Salahudin, M. (2012). Analisis perubahan geomorfologi dasar laut akibat penambangan pasir laut di perairan timur Pulau Karimun Besar Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(4), 327-336.
- Srinivasa, R., Bhakara, P., and Singha, A. P. (2015). Groundwater Quality Assessment in some selected area of Rajasthan, India Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Tool. *Aquatic Procedia*, (4), 1023–1030.
- Widiyati, S., Usman, D. N., Sriyanti., Ashari, Y., dan Suherman. (2010). Penerapan program aplikasi surfer di bidang pertambangan. *Mimbar*, XXVI (1), 43-58.
- Winata, E., dan Hartantyo, E. (2013). Kualitas air tanah di sepanjang Kali Gajah Wong ditinjau dari pola sebaran escherichia coli (studi kasus Kecamatan Umbulharjo). *Jurnal Fisika Indonesia*, 50 (XVII), 8-11.