



ESTIMASI POTENSI CADANGAN AIR TANAH DENGAN METODE PERSAMAAN DARCY DI DESA PILOMONU, GORONTALO

Komang Sugianti^a, Ahmad Zainuri^a, Ronal Hutagalung^a

^a*Teknik Geologi, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. B.J Habibie, Bone Bolango, 96119, Indonesia*

email: ahmad.zainuri@ung.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Diterima : 21 April 2022

Direvisi : 29 May 2022

Diterbitkan : 30 Juni 2022

Keywords:

Akuifer, Geolistrik, Litologi, Pemetaan

How to cite this article:

Sugianti, K., Zainuri, A., Hutagalung, R. (2022). Estimasi Potensi Cadangan Air Tanah Dengan Metode Persamaan Darcy di Desa Pilomonu, Gorontalo. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 1(1), 23-36. doi: <https://doi.org/jage.v1i1.15505>

ABSTRACT

The research area is administratively located in Mootilango Sub-district Gorontalo District, Gorontalo Province, and is astronomically located at the coordinates N 00°43'30" - N 00°45'30" and E 122°35'0" - E 122°37'30". The research area is on a wavy hilly zone that is dominated by sedimentary rocks. This research aims to know the prediction of the potential for groundwater reserves. The research method applies surface geological mapping and subsurface data collection using the Schlumberger configuration resistivity method with a maximum current electrode space of 200 m. The stratigraphy of the research area is sorted from old to young, the first is the granodiorite unit, the sandstone unit, and alluvial units are deposited inconsistently. The geological structure working in the research area has a dominant northwest-southeast direction. The direction of groundwater flow follows the topography of the research area, which is flowing from the north to the south, where the elevation of the north is higher than the elevation of the south. The aquifer characteristics in the research area can be divided into two based on the interpretation of geoelectric inversion, such as shallow aquifers with the material is sand and deep aquifers consist of sand and gravel material. Prediction of the potential for groundwater reserves is obtained from the interpretation of geoelectric data and data from the calculation of the groundwater level in the research area by observing the conditions around the research area. So, it is obtained a prediction of the potential for shallow groundwater reserves is 360.444 m³/day or equivalent to 360,444 liters/day, and the prediction of potential deep groundwater reserves is 66,520.476 m³/day or equivalent to 66,520,476 liters/day.

1. PENGANTAR

Kebutuhan air tanah semakin hari semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, yakni untuk mendukung berbagai aktivitas penduduk seperti kepentingan irigasi pertanian, industri dan kebutuhan domestik. Pengambilan air tanah yang berlebihan akan menimbulkan beberapa dampak antara lain berupa penurunan jumlah air tanah yang cukup mencolok, penyusutan air laut ke dalam sistem air tanah di darat (intrusi air laut) sehingga kadar garam (salinitas) air tanah di beberapa tempat meningkat, dan amblesan tanah (Tirtomihardjo, 2013). Oleh karena itu, besarnya pengambilan air tanah harus disesuaikan dengan cadangan air yang tersedia dalam akuifer agar penurunan muka air tanah masih dalam kategori aman yakni < 40% (Peraturan Menteri ESDM Nomor 31 Tahun 2018).

Potensi cadangan air tanah dapat diketahui melalui studi kondisi bawah permukaan antara lain dengan menggunakan metode geolistrik yang didukung dengan pengukuran muka air tanah pada sumur-sumur di perumahan warga sekitar lokasi penelitian. Penelitian menggunakan Geolistrik juga telah dilakukan di beberapa tempat di Provinsi Gorontalo (Manyoe dan Hutagalung, 2020).

Setelah mendapatkan hasil dari pengolahan data geolistrik dan muka air tanah, maka dapat dilakukan perhitungan cadangan air tanah dengan menggunakan persamaan Darcy (Fetter, 1994). Pengukuran geolistrik *resistivity sounding* untuk mengetahui kedalaman dan ketebalan aquifer, sedangkan pengukuran muka air tanah untuk mengetahui ketinggian dan arah aliran air tanah.

Dari penjelasan di atas daerah yang menarik untuk dikaji ialah Desa Pilomonu yang merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Mootilango, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Pilomonu dipilih sebagai lokasi penelitian, karena pada daerah ini masyarakatnya susah mendapatkan air tanah sebagai sumber pemenuhan kebutuhan sehari-hari mereka.

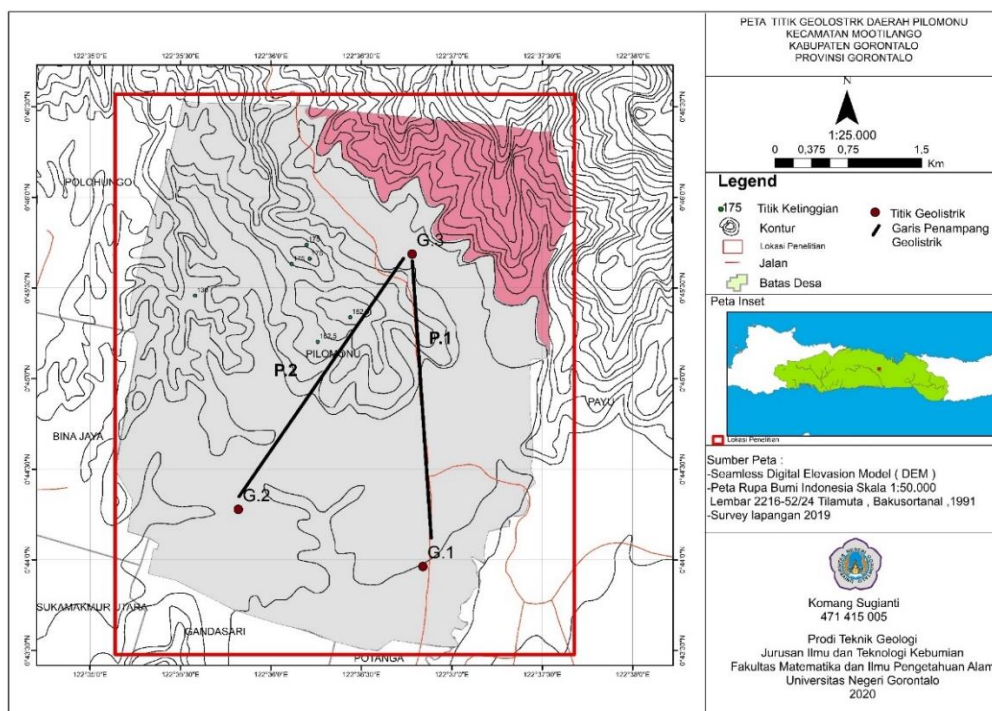
Berdasarkan perbincangan dengan beberapa warga terkait masalah penggunaan air, banyak warga yang masih belum mempunyai sumur pribadi walau hanya sekedar untuk kebutuhan mandi. Berdasarkan data administrasi data desa pada tahun 2020 mencatat bahwa jumlah kepala keluarga (KK) secara keseluruhan adalah 1.355 KK, namun hanya 676 KK yang memiliki sumber air pribadi, itupun tidak semua dalam kondisi layak pakai, bahkan terkadang sumur kering pada saat musim panas. Sehingga hal itu mengharuskan warga menggunakan air sungai untuk kebutuhan sehari-hari mereka.

Penelitian ini dimaksudkan untuk dapat mengetahui dan menentukan potensi cadangan air tanah daerah Pilomonu, Kecamatan Mootilango, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Hal ini dilakukan agar warga bisa mengetahui kedalaman sumur yang mereka harus gali kembali agar bisa mendapatkan air tanah untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari masyarakat yang ada di daerah penelitian.

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Daerah penelitian berada pada koordinat N 00°43'30" - N 00°45'30" dan E 122°35'0" - E 122°37'30". Daerah penelitian memiliki luasan sekitar sekitar 24 km² dan meliputi Desa Pilomonu, Gorontalo. Pengamatan data geologi diambil di beberapa singkapan batuan yang tersebar di daerah penelitian, untuk pengambilan data air tanah dilakukan di sumur-sumur warga yang ada di daerah penelitian dan beberapa data sumur lagi diambil di desa yang tetangga yang berdekatan dengan daerah penelitian, sedangkan untuk pengambilan data geolistrik diambil 3 titik sounding (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Pengukuran Geolistrik VES di Desa Pilomonu Kecamatan Mootilango Kabupaten Gorontalo

2.2 Metode dan Tahapan Penelitian

Metode pendugaan bawah permukaan dilakukan menggunakan survei geolistrik *Vertical Electrical Sounding (VES)* sebanyak 3 titik sounding dengan panjang bentangan, masing-masing, sebesar 200 meter. Konfigurasi elektroda yang digunakan dalam pengukuran VES adalah konfigurasi Schlumberger, dimulai dari panjang $AB/2 = 2$ meter pada $MN/2 = 0,5$ meter sampai dengan panjang bentangan ($AB/2$) maksimum. Survey geologi, pengamatan geomorfologi, pengamatan litologi, pengukuran struktur geologi, dan pengukuran MAT dilakukan untuk mendukung interpretasi data VES dalam upaya mendapatkan gambaran bawah permukaan di daerah penelitian.

Tahapan penelitian terdiri dari persiapan, pengumpulan data lapangan, pengolahan dan analisis data, dan pembahasan hasil penelitian. Tahap persiapan meliputi persiapan peralatan lapangan, administrasi, dan studi geologi regional daerah penelitian. Pengambilan data lapangan meliputi pengambilan data geologi, pengambilan data air tanah dangkal, dan pengambilan data bawah permukaan dengan menggunakan geolistrik konfigurasi *Schlumberger* bentangan 200 m. Pengolahan data diawali dengan pengolahan data geologi untuk menghasilkan peta geomorfologi dan peta geologi daerah penelitian dengan menggunakan bantuan *software ArcGis*. Selanjutnya dilakukan pengolahan air tanah dangkal untuk menghasilkan peta aliran air tanah dengan bantuan *software Surfer 11*. Data geolistrik diolah dengan bantuan aplikasi Ipi2win untuk menghasilkan penampang bawah permukaan daerah penelitian. Setelah parameter dari persamaan Darcy didapatkan nilai-nilai yang diperoleh akan disubstitusikan ke persamaan Darcy. Persamaan Darcy digunakan dalam proses analisis data untuk memprediksi cadangan air tanah baik pada akuifer bebas maupun akuifer tertekan, dengan rumus sebagai berikut (Fetter, 1994) :

$$Q = K.i.A \quad (1)$$

dengan

$$i = \frac{\delta h}{\delta L} \quad (2)$$

$$A = W.b_{akifer} \quad (3)$$

sehingga

$$Q = W. bakifer. K. \frac{\delta h}{\delta L} \quad (4)$$

dimana: Q adalah debit ($m^3/hari$), K adalah konduktivitas hidraulik ($m/hari$), i adalah gradien hidraulik, h adalah beda kedalaman muka air tanah (m), L adalah panjang lintasan air tanah (m), A adalah luas penampang akifer (m^2), w adalah panjang penampang akifer (m), b_{akifer} adalah ketebalan akifer (m)

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Geologi Regional Penelitian

3.1.1 Geomorfologi Regional Penelitian

Geomorfologi regional penelitian dilihat berdasarkan analisis kualitatif dan kuantitatif yang telah dilakukan, hal ini dilakukan agar dapat mengetahui kondisi geomorfologi daerah penelitian. Analisis kualitatif dilakukan dengan cara memisahkan dan mengelompokkan daerah berdasarkan homogenitas kontur dan proses yang mempengaruhi morfogenesis serta pengamatan langsung di lapangan, sedangkan analisis kualitatif dilakukan dengan cara mengukur dan menghitung morfologi (selisih elevasi dan kemiringan).

Berdasarkan dua analisis tersebut, kondisi geomorfologi di daerah penelitian dibagi menjadi tiga satuan geomorfologi, yaitu:

- a) Satuan Relief Bukit Intrusi, yang memiliki luas pencarian 30 %, pada ketinggian 130-350 mdpl. Pada peta geomorfologi satuan ini diberi warna jingga. Satuan ini terdapat pada bagian utara dari daerah penelitian. Satuan ini memiliki morfologi perbukitan yang cenderung terjal. Pada satuan perbukitan intrusi ni juga diperlihatkan adanya pola kelurusan yang relatif mengarah barat laut-tenggara.

- b) Satuan bentuklahan perbukitan denudasional, satuan ini dicirikan dengan topografi bergelombang hingga berbukit dengan pola kontur renggang hingga rapat. Satuan ini memiliki kemiringan lereng secara keseluruhan 7-15 (7-15%) dengan perbedaan ketinggian 96-162 mdpl dan memiliki relief landai hingga perbukitan yang tidak beraturan.
- c) Satuan bentuklahan dataran fluvial, satuan ini dicirikan dengan pola kontur yang relatif renggang dan memiliki kemiringan lereng secara keseluruhan 0-2 (0-2%), dengan perbedaan ketinggian sekitar 35-99 mdpl dan memiliki relief berupa pedataran yang membentuk morfologi dataran rendah. litologi penyusun satuan ini yaitu endapan aluvial yang umumnya berupa material lepas berukuran lempung, pasir, hingga kerakal yang diendapkan pada *point bar* dan *channel bar*, serta dataran banjir yang mulai nampak di daerah penelitian.

3.1.2 Stratigrafi Daerah Penelitian

Stratigrafi regional penelitian dilihat berdasarkan hasil pengamatan di lapangan terbagi menjadi dua yang disesuaikan dari yang tua ke muda yaitu Satuan Granodiorit, satuan batupasir, dan satuan aluvial.

1. Satuan Granodiorite

Satuan ini merupakan satuan yang menempati satuan geomorfologi perbukitan intrusi. Satuan granodiorit ini berkembang pada bagian utara daerah penelitian dengan luasan 200% dari daerah penelitian. Satuan granodiorit ini merupakan produk batuan dari formasi diorit boliohuto (Tmbo) yang disetarakan umur batuanya pada awal miosen akhir. Ciri-ciri batuan ini adalah berwarna abu-abu terang hingga putih dengan tekstur faneritik, struktur masif, serta memiliki komposisi mineral kuarsa, plagioklas, piroksen, horonblende, biotite dan opak. Batuan ini mendominasi pada setiap singkapan yang ditemukan di lokasi penelitian, hanya saja yang kenampakan masih segar berada di Dusun Pasir Putih, sedangkan yang lain sudah nampak lapuk.



Gambar 2. Kenampakan singkapan granodiorit di daerah penelitian

2. Satuan Batupasir

Satuan ini termasuk dalam geomorfologi denudasional. Satuan batupasir terletak dibagian barat daerah penelitian dan menempati sekitar 35 % dari daerah penelitian ditandai dengan warna kuning tua pada peta geologi. Singkapan ini ditemukan di Dusun Bualo. Satuan batupasir tersusun atas pasir dengan sisipan batulempung. Dimana lapisan lempung yang diendapkan sangat jarang. Ketebalan lapisan batupasir berkisar kurang lebih 2meter dengan berwarna abu-abu hingga kecoklatan yang belum kompak. Umumnya memperlihatkan kemas terbuka dan porositas baik, secara megaskopis satuan ini terdiri dari fragmen diorit dan granodiorit, batupasir sebagai matriks berwarna abu-abu terang, berukuran pasir kasar- sangat kasar, terpilah baik, kemas tertutup, porositas baik, bentuk butir membulat tanggung.



Gambar 3. Kenampakan singkapan batupasir di daerah penelitian

3. Satuan Endapan Aluvial

Satuan selanjutnya yang diendapkan secara tidak selaras adalah satuan endapan aluvial yang penyusun satu ini merupakan material lepas dan material endapan-endapan sungai yang terdiri dari basal, andesit, breksi, lempung, serta granodiorit yang berukuran lempung hingga kerakal sampai bongkah berbentuk menyudut tanggung hingga membulat tanggung yang tersusun atas pecahan batuan yang umumnya berbentuk endapan. Satuan ini mengisi 45% dari daerah penelitian.



Gambar 4. Kenampakan endapan aluvial di daerah penelitian

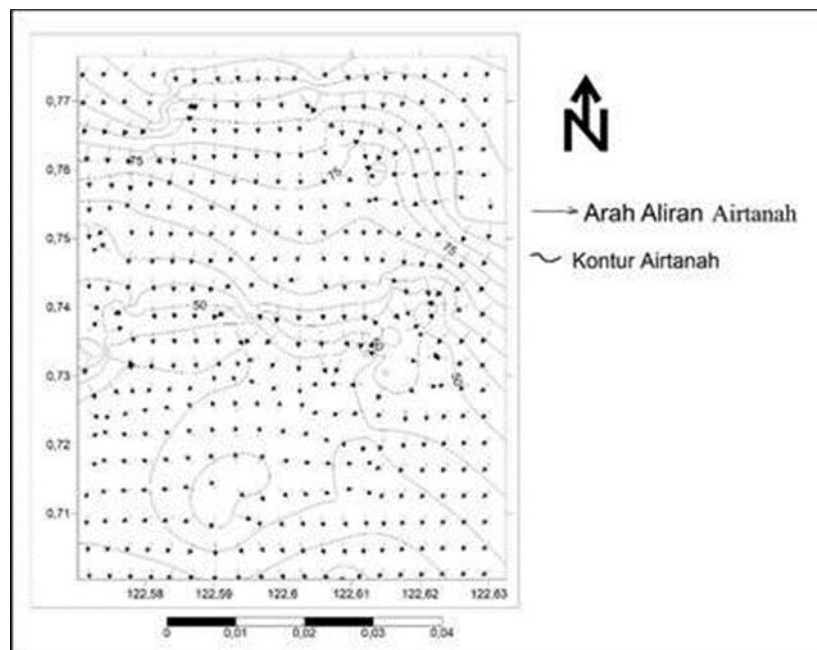
3.1.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian

Struktur geologi yang bekerja pada daerah penelitian pada umumnya adalah struktur sekunder berupa kekar gerus dengan arah dominannya adalah baratlaut - tenggara. Dari hasil analisis stereografi data kekar gerus yang diperoleh di lapangan pada stasiun KS.2.6 maka kedudukan bidang kekar gerus yaitu $N 137^{\circ} E/50^{\circ}$ dan $N 181^{\circ} E/32^{\circ}$, dengan nilai $\sigma_1 : N 182^{\circ} E/21^{\circ}$, $\sigma_2 : N 286^{\circ} E/31^{\circ}$, $\sigma_3 : N 64^{\circ} E/51^{\circ}$. Berdasarkan hasil tersebut dapat diceritakan sejarah dari daerah penelitian yang ada pada kala miosen akhir terjadi aktivitas magmatisme yang menghasilkan produk satuan granodiorit, satuan ini diselaraskan dengan formasi Diorit Boliohuto yang terbentuk pada miosen akhir (Bachri, 2013). Maulana dkk. (2016) menyatakan aktivitas pembentukan batuan plutonik pada lengan utara Sulawesi menunjukkan komposisi theolitik atau pengaruh *partial melting* dari kerak bawah terkomposisi amphibolit yang dipengaruhi oleh *influx periodic* magma basal dengan ciri petrografi menunjukkan *interlocking* kuarsa pada plagioklas dengan kloritisasi pada biotot. Satuan yang terakhir diendapkan pada daerah penelitian yaitu satuan aluvial, satuan ini secara tidak selaras terendapkan di atas batuan sebelumnya pada kala holosen. Hingga saat ini

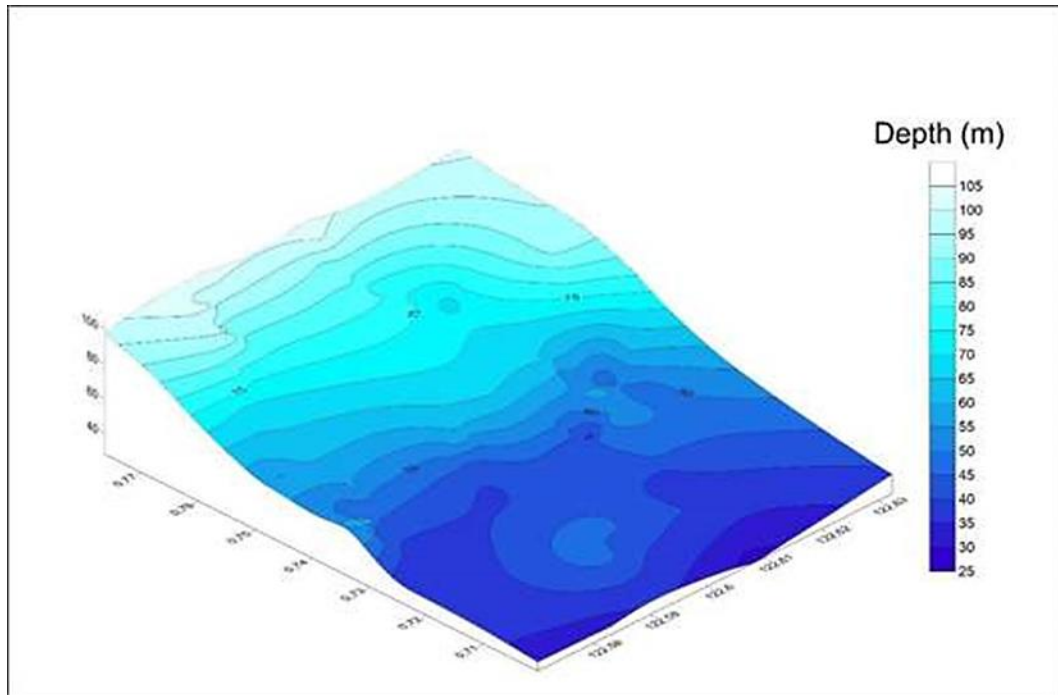
aktivitas erosional baik secara vertikal maupun horizontal pada satuan-satuan di bawahnya sangat mempengaruhi pengendapan satuan ini.

3.2 Pola Aliran Air tanah Daerah Penelitian

Arah aliran muka air tanah dapat diketahui dengan melakukan pengukuran tinggi muka air pada sumur dangkal. Nilai ketinggian muka air tanah dangkal diperoleh setelah menghitung selisih antara elevasi lokasi pengukuran dengan nilai kedalaman sumur. Data sumur air dangkal diambil dari pengukuran sumur-sumur yang ada di daerah penelitian dan data sumur di desa-desa sekitar area penelitian dengan jumlah data sumur yang didapatkan adalah 110 titik (lampiran 4). Terdapat 67 titik sumur berada di Desa Pilomonu yang menjadi tempat penelitian dan 43 titik sumur tersebar di beberapa desa tetangga seperti Desa Potanga, Desa Bina Jaya, Desa Gandasari, Desa Sukamakmur Utara, Desa Polohungo dan Desa Payu. Data air sumur yang diperoleh selanjutnya dihitung nilai muka air tanah (MAT) dengan berpatokan pada elevasi dan kemudian diolah menggunakan aplikasi *Surfer 11*. Dari hasil pengolahan data sumur tersebut selanjutnya menghasilkan peta jejaring aliran air tanah (*flownet*) daerah penelitian (Gambar 5).



Gambar 5. Peta jejaring aliran air tanah (*flownet*) daerah penelitian dalam bentuk 2D



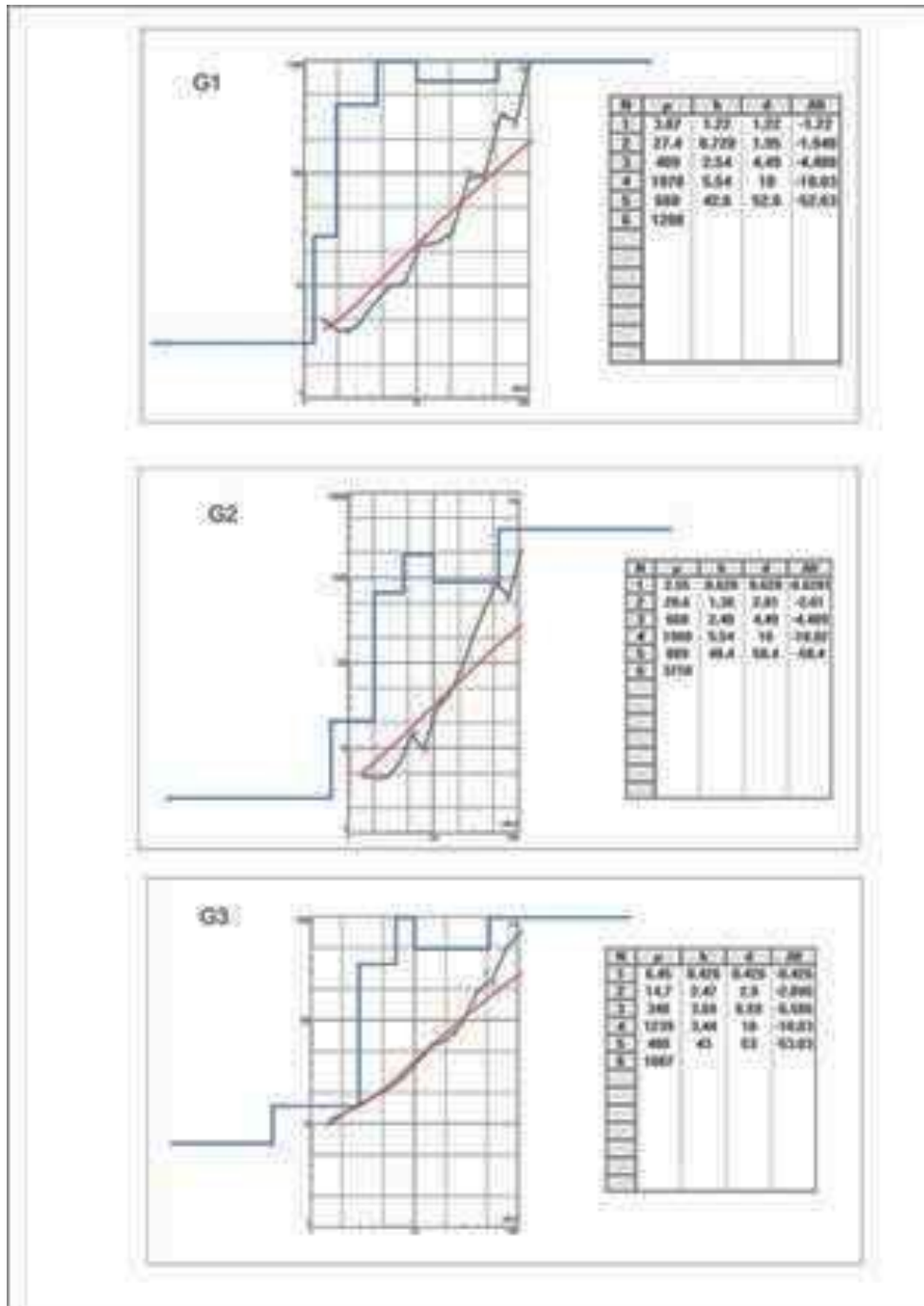
Gambar 6. Peta 3D Muka Air Tanah (tanpa skala)

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat kecenderungan arah aliran air tanah dari kenampakan peta air tanah yaitu mengarah dari utara ke selatan daerah penelitian. Dilihat dari hasil yang ada hal tersebut dikontrol oleh faktor elevasi, karena elevasi pada daerah penelitian bagian utara lebih tinggi dibandingkan pada bagian selatan. Hal ini berarti daerah pengisian (*recharge area*) berada di daerah bagian utara dan daerah resapan (*discharge area*) berada di daerah bagian selatan.

3.3 Karakteristik Akuifer Daerah Penelitian

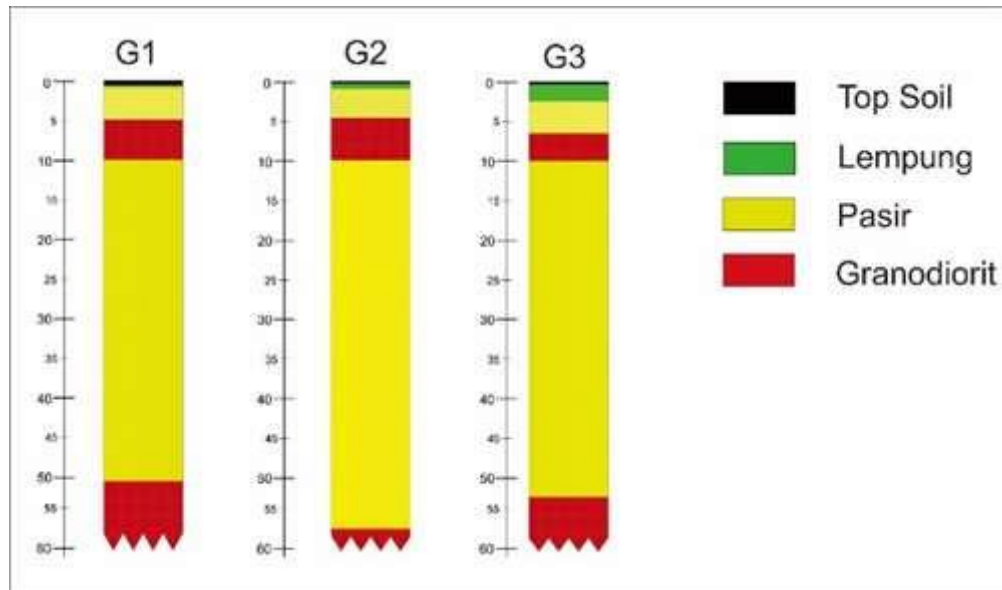
Pengukuran geolistrik dilakukan dengan mengambil 3 titik sounding, titik pengukuran data geolistrik G1 berada pada koordinat N 00° 43' 57,8" – E 122° 36' 50,9". titik pengukuran data geolistrik G2 pada koordinat N 00° 44' 16,7" – E 122° 35' 48,6". Titik pengukuran data geolistrik G3 pada koordinat N 00° 45' 41,2" – E 122° 36' 46,2". Ketiga titik geolistrik yang diambil menggunakan bentangan 200 meter. Data hasil pengukuran geolistrik konfigurasi Schlumberger bentangan 200meter ini diolah menggunakan aplikasi Ipi2win dan dari hasil data yang sudah diolah dikorelasikan agar dapat membaca nilai *resistivity*.

Hasil inversi data VES pada masing-masing titik sounding di lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil inversi tersebut menunjukkan untuk setiap titik sounding berupa pola kurva dari plot antara *apparent resistivity* (ρ_a) versus jarak elektroda ($AB/2$). Dari pola masing kurva dapat diinterpretasi model perlapisan di bawah permukaan yang meliputi harga *true resistivity* (Ωm), ketebalan (m), dan kedalaman (m) dari setiap lapisan yang terdeteksi.



Gambar 7. Hasil Inversi Data Geolistrik

Dari hasil inversi *resistivity sounding* di titik G1, G2, dan G3 (Desa Pilomonu) pada Gambar 7 serta berdasarkan hasil observasi lapangan terkait kondisi hidrogeologi dan geologi di wilayah tersebut, dapat diinterpretasi keadaan lithologi bawah permukaan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Interpretasi Litologi Bawah Permukaan Lokasi Penelitian

Dari penampang resistivitas (*resistivity section*) dan interpretasi litologi bawah permukaan di atas dapat disajikan dalam bentuk tabel yang menunjukkan nilai resistivitas, kedalaman, ketebalan dan litologi bawah permukaan di lokasi penelitian sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1.

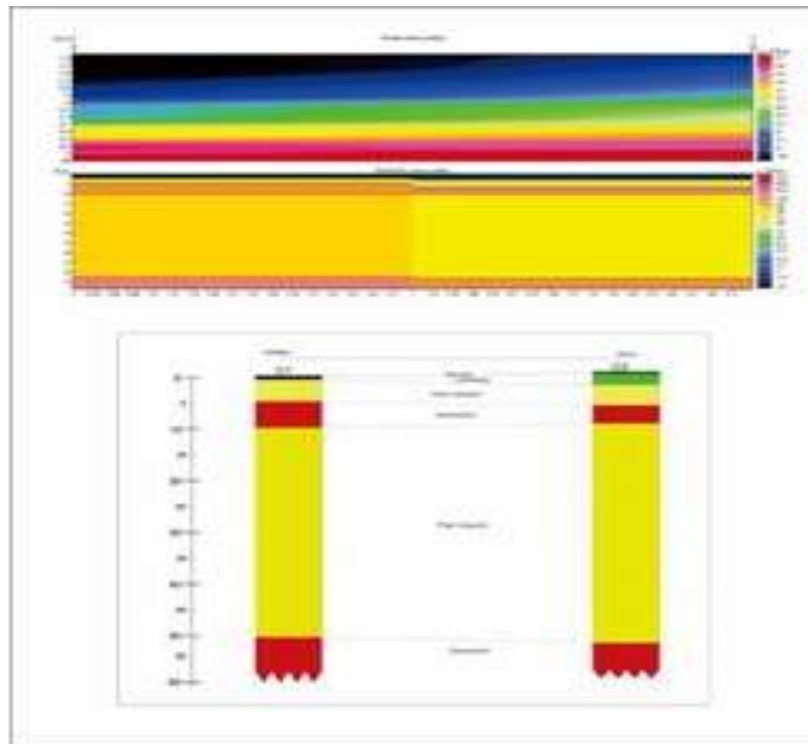
Tabel 1. Kondisi Bawah Permukaan Lokasi Penelitian

Lapisan	Resistivitas (Ωm)	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Litologi
G1				
1	3,07	0-1,22	1,22	Top Soil
2	27,4	122-1,95	0,728	Lempung
3	409	1,95 – 4,49	2,54	Pasir (Akuifer)
4	1078	4,49 – 10	5,54	Granodiorit
5	660	10- 52,6	42,6	Pasir (Akuifer)
6	1208	52,6 -∞	-	Granodiorit
G2				
1	2,55	0 – 0,628	0,628	Top Soil
2	20,6	0,628 – 2,01	1,38	Lempung
3	668	2,01 – 4,49	2,48	Pasir (Akuifer)
4	1900	4,49 – 10	5,54	Granodiorit
5	889	10 – 58,4	48,4	Pasir (Akuifer)
6	3710	58,4 -∞	-	Granodiorit Masif
G3				
1	6,45	0 – 0,426	0,426	Top Soil
2	14,7	0,426 – 2,9	2,47	Lempung
3	384	2,9 – 6,59	3,69	Pasir (Akuifer)
4	1239	6,59 – 10	3,44	Granodiorit
5	488	10 – 53	43	Pasir (Akuifer)
6	1087	53 -∞	-	Granodiorite

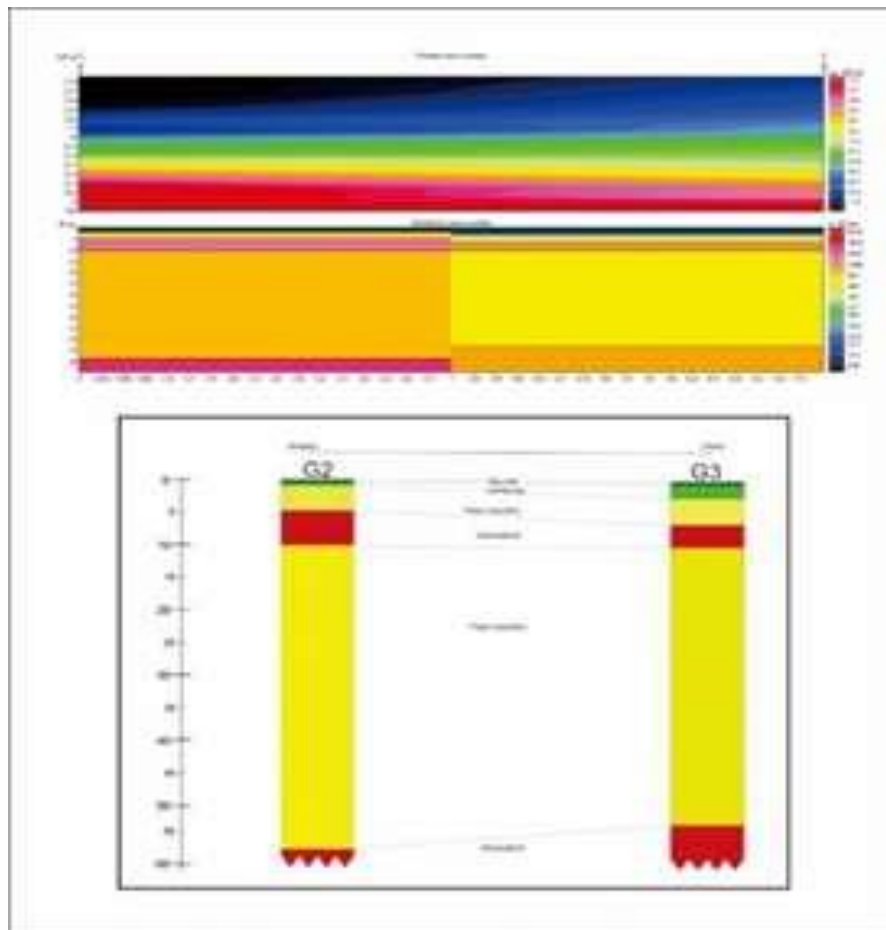
Secara umum resistivitas tanah dan batuan di lokasi penelitian dibagi menjadi 6 lapisan, sebagai berikut:

1. Lapisan pertama adalah lapisan permukaan beserta endapan alluvium dengan nilai resistivitas 3,07 – 6,45 Ωm . Lapisan ini merupakan lapisan tanah timbunan yang mengandung air tanah namun bisa meloloskan air ke dalam lapisan yang lebih dalam. Lapisan ini berada pada kedalaman 0,0 – 1,22 m.

2. Lapisan kedua adalah bentuk lapisan batuan sedimen yaitu lempung dengan nilai *resistivity* 14,7 – 27,4 Ωm . Lapisan ini merupakan lapisan yang memiliki permeabilitas rendah. Lapisan ini berada pada kedalaman 1,22 – 2,9 m.
3. Lapisan ketiga adalah bentuk lapisan batuan sedimen yakni batupasir dengan nilai *resistivity* 384 – 668 Ωm . Lapisan ini merupakan lapisan batuan yang mengandung air. Lapisan ini dapat menyerap air serta menyimpan air, lapisan ini berada pada kedalaman 2,9 – 6,59 m.
4. Lapisan keempat adalah bentuk lapisan batuan yang lebih kompak dengan nilai *resistivity* 1.078 – 1.900 Ωm . Lapisan ini merupakan lapisan batuan yang tidak dapat menyerap air serta menyimpan air, lapisan ini berada pada kedalaman 6,59 – 10 m.
5. Lapisan kelima adalah lapisan sedimen yaitu batupasir dengan nilai *resistivity* 488 – 889 Ωm . Lapisan ini merupakan lapisan batuan yang dapat menyerap air serta menyimpan air (lapisan akuifer dalam), lapisan ini berada pada kedalaman 10 – 58,4 m.
6. Lapisan keenam adalah bentuk lapisan yang lebih kompak berupa granodiorit yang lebih masif dengan *resistivity* 1.087 – 3.710 Ωm . Lapisan ini merupakan lapisan batuan yang tidak dapat menyerap ataupun menyimpan air, lapisan ini berada pada kedalaman 58,4 - ∞ m.



Gambar 10. Penampang Korealsi G1-G3; Atas, *Pseudo Cross-Section* dan *Resistivity Section* Bawah, *Lithology Section*.



Gambar 11. Penampang Korelasi G2-G3; Atas, *Pseudo Cross-Section* dan *Resistivity Section* Bawah, *Lithology Section*.

Akuifer merupakan lapisan yang dapat dilalui oleh berbagai jenis air di atas permukaan tanah. Akuifer di daerah penelitian terbagi menjadi dua lapisan, yaitu akuifer bebas dan akuifer terbatas. Akuifer tidak lengkap adalah akuifer tidak tertutup yang memiliki lapisan bawah yang kedap air tetapi bagian atas muka air tanah bersifat kedap air, sehingga komponen air tanah berada di bawah tekanan yang sama dengan tekanan udara bebas atau atmosfer. Akuifer tertutup adalah akuifer dengan lapisan kedap air di bagian bawah dan atas muka air tanah sedemikian rupa sehingga tekanan air tanah lebih besar daripada tekanan udara bebas atau atmosfer. Hasil pengolahan data geolistrik menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki 3 satuan utama yaitu batuan granodiorit, pasir dan endapan aluvial.

Karakteristik akuifer diketahui dari analisis lapisan bawah tanah hasil interpretasi data geolistrik, lapisan batuan penyusun akuifer diperoleh dari estimasi litologi resistivitas atas, interpretasi data inversi geospasial dan pemetaan lapangan. Ketebalan akuifer diambil dari nilai rata-rata konduktivitas hidrolis litologi batuan penyusun akuifer daerah penelitian.

3.4 Prediksi Potensi Cadangan Air tanah Daerah Penelitian

Perhitungan cadangan air tanah di lokasi studi terdiri dari air tanah dangkal pada akuifer bebas (*unconfined aquifer*) dan air tanah dalam pada akuifer tertekan (*confined aquifer*).

1. Akuifer bebas (*unconfined aquifer*)

Dari pengukuran geolistrik pada lokasi penelitian diketahui bahwa ketebalan akuifer bebas rata-rata sebesar 2,9 m dengan material penyusun berupa pasir sehingga nilai konduktivitas hidraulik yang diambil adalah sebesar 2,5 m/hari (Todd & Mays, 2015). Sedangkan berdasarkan peta kontur MAT dangkal diketahui bahwa *head* air tanah pada bagian utara (h_1) sebesar 100 m dan *head* bagian selatan (h_2) sebesar 35 m, jarak utara dan selatan (L) lokasi

penelitian adalah sekitar 5.492,15 m sedangkan jarak antara batas timur dan barat adalah (W) sekitar 4.143,03 m.

2. Aquifer tertekan

Dari pengukuran geolistrik yang dilakukan pada lokasi penelitian diketahui bahwa ketebalan lapisan akuifer tertekan rata-rata sebesar 44,6 m dengan material berupa pasir dan kerikil sehingga nilai konduktivitas hidraulik yang diambil adalah sebesar 45 m/hari (Todd & Mays, 2005). Sedangkan berdasarkan perhitungan *head* air tanah dalam diketahui bahwa *head* air tanah bagian utara sebesar 75 m dan *head* bagian selatan sebesar 33 m, jarak antara utara dan selatan (L) lokasi penelitian adalah sekitar 5.492,15 m sedangkan jarak antara batas timur dan barat lokasi adalah (W) sekitar 4.143,03 m.

Dengan demikian, dari parameter perhitungan yang diperoleh maka nilai persamaan Darcy disajikan dalam tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Nilai Parameter Persamaan Darcy

Variabel	Nilai Akifer Bebas	Nilai Akifer Tertekan	Satuan
<i>K</i>	2,5	45	m/hari
<i>b</i> akuifer	2,9	44,6	m
<i>W</i>	4.143,03	4.143,03	m
<i>H</i>	65	42	m
<i>L</i>	5.492,15	5.492,15	m

Nilai gradien hidrolik (*K*) diperoleh dari jenis material yang menyusun pada lapisan akuifer dan disesuaikan dengan referensi yang sudah ada, dimana material penyusun untuk akuifer bebas adalah pasir sehingga nilai *K* sebesar 2,5 m/hari dan akuifer tertekan tersusun atas pasir dan kerikil sehingga diambil nilai *K* sebesar 45 m/hari. Ketebalan lapisan akuifer (*b*_{akuifer}) diperoleh dari hasil rata-rata tebal lapisan akuifer di titik lokasi penelitian, sehingga dapat mewakili ketebalan akuifer yang ada. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai ketebalan akuifer bebas sebesar 2,9 m dan akuifer tertekan memiliki ketebalan sebesar 44,6 m. Nilai panjang penampang akuifer (*W*) tegak lurus arah aliran air. Nilai panjang akuifer (*W*) untuk akuifer tertekan memiliki nilai yang sama. Sehingga nilai panjang akuifer (*W*) yang diperoleh adalah 4.143,03 m yang diukur dari barat ke timur daerah penelitian. Nilai beda kedalaman air tanah (δh) dibagi panjang lintasan air tanah (δL) merupakan nilai gradien hidrolik. Nilai beda kedalaman muka air tanah diperoleh dengan mengurangi elevasi pada titik penelitian tertinggi dengan titik penelitian terendah sesuai arah aliran air tanah. Karena nilai pada titik 3 ke titik 1 mengikuti arah aliran dari utara selatan maka didapatkan nilai beda kedalaman (δh) pada akuifer bebas sebesar 65 dan akuifer tertekan sebesar 42 m dengan panjang lintasan air tanah (δL) sebesar 5.492,15 m.

Hasil perhitungan cadangan air tanah dapat diperoleh dengan memasukkan nilai- nilai parameter yang ada pada Tabel 2 ke persamaan 4, sehingga diperoleh nilai cadangan air tanah di lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Potensi Cadangan Air Tanah

No.	Jenis Air Tanah	Potensi Cadangan Air Tanah	
		(m ³ /hari)	(L/hari)
1	Air tanah dangkal	360,44	360.440
2	Air tanah dalam	66.520,48	66.520.480
	Jumlah	66.880,92	66.880.920

Nilai dari cadangan air tanah diperoleh setelah menghitung secara keseluruhan sesuai perhitungan rumus yang ada pada persamaan (4) pada hukum persamaan Darcy, sehingga prediksi potensi cadangan air tanah dangkal diperoleh sebesar 360,44 m³/hari atau setara dengan 360.440 liter/hari. Sedangkan prediksi potensi cadangan air tanah dalam diperoleh sebesar 66.520,48 m³/hari atau setara dengan 66.520.480 liter/hari.

Ketentuan yang berkaitan dengan perhitungan kebutuhan air untuk kehidupan yang baik diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 tentang Pedoman Penetapan Daya Dukung Lingkungan Dalam Pembangunan Pengembangan Wilayah Kawasan Berpenduduk, Maka kebutuhan air untuk hidup layak adalah 1600 m³ air/kapita/tahun, atau sama dengan 2 x 800 m³ air/kapita/tahun, dimana : 800 m³ air/kapita/tahun merupakan kebutuhan air untuk keperluan domestik dan untuk menghasilkan pangan, Adapun rumus perhitungan kebutuhan (Demand Air) sebagai berikut :

$$D_A = N \times K L H_A$$

Keterangan:

D_A = Total kebutuhan air (m³ / tahun)

N = Jumlah penduduk (orang)

$K L H_A$ = Kebutuhan air untuk hidup layak 1600 m³ air/kapita/tahun,

Berdasarkan data administrasi desa Pilomonu pada tahun 2020, daerah penelitian memiliki kepala keluarga sebanyak 1,355 yang tersebar di 6 dusun dengan jumlah penduduk secara keseluruhan adalah 3,204 orang, Sehingga dapat dihitung untuk kebutuhan air yang ada di daerah penelitian adalah sebagai berikut:

Perhitungan kebutuhan air daerah penelitian:

$$D_A = N \times K L H_A$$

$$D_A = 3.204 \text{ orang} \times 1.600 \frac{\text{m}^3}{\text{kapita}} / \text{tahun}$$

$$D_A = 5.126.400 \frac{\text{m}^3}{\text{kapita}} / \text{tahun}$$

$$D_A = 14.044,9 \text{ m}^3 / \text{kapita} / \text{hari}$$

Hasil perhitungan kebutuhan air pada daerah penelitian didapatkan sejumlah 14.044,9 m³/hari. Sehingga jika dilihat dari perolehan cadangan air tanah yang diperoleh di daerah penelitian prediksi cadangan air tanah yang ada di akuifer tertekan (dalam) yang mampu untuk memenuhi kebutuhan air tanah pada daerah penelitian.

Jumlah penggunaan air pada setiap wilayah tetap harus dibatasi dengan tujuan untuk menjaga keseimbangan air bawah tanah. Karena proses pengambilan air yang berlebihan akan membahayakan kelangsungan ekosistem selanjutnya. Dari hasil perhitungan prediksi cadangan air tanah yang ada di daerah penelitian dapat dilihat bahwa prediksi air tanah dalam yang bisa mencukupi kebutuhan air tanah masyarakat yang ada di daerah penelitian. Karena tidak bisa kita pungkiri semakin bertambahnya hari jumlah penduduk yang ada di desa penelitian semakin bertambah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemetaan dan pengukuran geologi, daerah penelitian memiliki geomorfologi berupa satuan geomorfologi invasif berbukit, satuan geomorfologi perbukitan erosi dan satuan geomorfologi aluvial. Stratigrafi daerah penelitian disusun dari yang paling tua ke yang paling muda, yaitu pertama meliputi satuan granodiorit, kemudian satuan batupasir, kemudian satuan aluvial tidak terakumulasi. Struktur geoteknik di daerah penelitian memiliki arah utama barat laut – tenggara. Arah aliran air tanah mengikuti bentuk topografi daerah penelitian yaitu mengalir dari utara ke selatan, dimana elevasi utara lebih tinggi dari elevasi selatan, karakteristik akuifer di

daerah penelitian, hasil interpretasi data geoelektronik, yaitu akuifer dangkal yang mengandung material seperti pasir dan akuifer dalam yang mengandung material kerikil dan pasir.

Prediksi potensi cadangan air tanah diperoleh dari interpretasi data geolistrik dan data perhitungan tinggi muka air tanah di wilayah studi, dengan memperhatikan kondisi di sekitar wilayah studi. Sedangkan potensi cadangan air tanah dangkal di daerah penelitian adalah 360,44 m³/hari atau setara dengan 360.440 liter/hari, potensi cadangan air tanah dalam yang diperkirakan sebesar 66.520,48 m³/hari atau setara dengan 66.520.480 liter/hari.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan apresiasi dan penghargaan sebesar-besarnya kepada Kepala Desa dan masyarakat yang ada di desa Pilomonu, Gorontalo. Terimakasih kepada Kepala Lab. Teknik Geologi J. A. Katili yang sudah memfasilitasi penggunaan alat laboratorium yang menunjang penelitian. Terima kasih juga kepada teman-teman Teknik Geologi UNG yang telah bersedia menemani dalam pengambilan data lapangan dalam penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan sebaik-baiknya.

6. REFERENSI

- Arifin, Y. I. & Kasim, M. (2012). Penentuan Zonasi Daerah Tingkat Kerawanan Banjir di Kota Gorontalo Propinsi Gorontalo untuk Mitigasi Bencana. *Jurnal Sainstek*, 6(06).
- Bachri, S. dan Sidaro. 2013. *Tektonik Sulawesi*, Dalam: *Geologi Sulawesi*. Surono dan Hartono, H. ed, Bandung: Lipi Press, 303-324.
- Eraku, S., Akase, N. & Koem, S. (2019, October). Analyzing Limboto lake inundation area using Landsat 8 OLI imagery and rainfall data. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1317, No. 1, p. 012111). IOP Publishing.
- Fetter, C. W. (1994). *Applied hydrogeology* 3rd ed. Macmillan College Publishing Company, Inc.
- Hidup, M. N. L. (2009). Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 Tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup Dalam Penataan Ruang Wilayah. Jakarta (ID): KLH.
- Kasim, M., Zainuri, A., & Nurfaika, N. (2016). Petrogenesis of Andesitic Rocks In Sumalata, North Gorontalo. *International Journal of Engineering and Science Applications*. 1(1), 37-42.
- Manyoe, I. N. & Hutagalung, R. (2020). Subsurface Shallow Modelling Based on Resistivity Data in The Hot Springs Area of Libungo Geothermal, Gorontalo. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*. 5(2), 87-93.
- Permana, A. P. (2019). Analisis kedalaman dan kualitas air tanah di Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo berdasarkan parameter fisika dan kimia. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 5(1).
- Tirtomihardjo, H. (2013). Air Tanah dan Pembangunan Bawah Tanah Jakarta. *Geomagz*, 3(4).