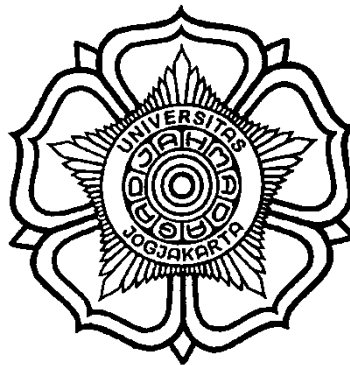


RINGKASAN DISERTASI

POTENSI AIR TANAH DAN TATA GUNA AIR TANAH
UNTUK KEBUTUHAN DOMESTIK DI DATARAN ALUVIAL
LIMBOTO-GORONTALO PROVINSI GORONTALO



oleh

Nurfaika

15/389798/SGE/00240

PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS GEOGRAFI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**POTENSI AIR TANAH DAN TATA GUNA AIR TANAH
UNTUK KEBUTUHAN DOMESTIK DI DATARAN ALUVIAL
LIMBOTO-GORONTALO PROVINSI GORONTALO**

diajukan oleh

Nurfaika

15/389798/SGE/00240

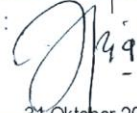
Telah diperbaiki sesuai dengan masukan Tim Penguji

Prof. Dr. Muh Aris Marfai, S.Si., M.Sc

Ketua Tim Penguji

1. 

Tanggal :



Prof. Dr. Ig. L. Setyawan Purnama, M.Si

Promotor/Anggota Tim Penguji

2. 31 Oktober 2020

Tanggal :



Prof. Dr. Totok Gunawan, M.S

Ketua Tim Penilai/Anggota Tim Penguji

3. 24 Oktober 2020

Tanggal :

Capture WA (ACC)
31 Oktober 2020

Dr. Ir. Heru Hendrayana

Anggota Tim Penilai/Anggota Tim Penguji

4. 

Tanggal :

Dr. Tjahyo Adji Nugroho, S.Si., M.Sc

Anggota Tim Penilai/Anggota Tim Penguji

5. 27 Oktober 2020

Tanggal :

Prof. Dr. Dewi Liesnoor Setyowati, M.Si

Penguji/Anggota Tim Penguji

6. 

Tanggal :

24 Oktober 2020

Yogyakarta,

Mengetahui,
Dekan Fakultas Geografi



Prof. Dr. Muh Aris Marfai, S.Si., M.Sc

NIP. 19760113 199903 1 002

INTISARI

Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo merupakan bagian dari wilayah Cekungan Air tanah Gorontalo di Kabupaten Gorontalo dan merupakan wilayah pusat pertumbuhan penduduk, perekonomian dan pembangunan. Dataran aluvial Limboto-Gorontalo merupakan daerah yang dilalui oleh jalur sesar utama Gorontalo dan keterdapatannya danau Limboto di dalamnya. Fenomena tersebut mengindikasikan proses geologis yang rumit dan unik, dan secara tidak langsung berpengaruh terhadap kondisi akuifer dan potensi air tanah wilayah setempat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kondisi akuifer, potensi air tanah bebas, dan zonasi tata guna air tanah beserta rekomendasinya.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode survey yaitu dengan melakukan pengamatan dan pengukuran langsung dilapangan. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah sampel acak sistematik (*systematic random sampling*) untuk pengukuran geolistrik dan pengukuran data hidrogeologi lapangan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan pendekatan terintegrasi antara geologi, geomorfologi berbasis PJ dan SIG, serta pendekatan geofisika dan hidrogeologi lapangan.

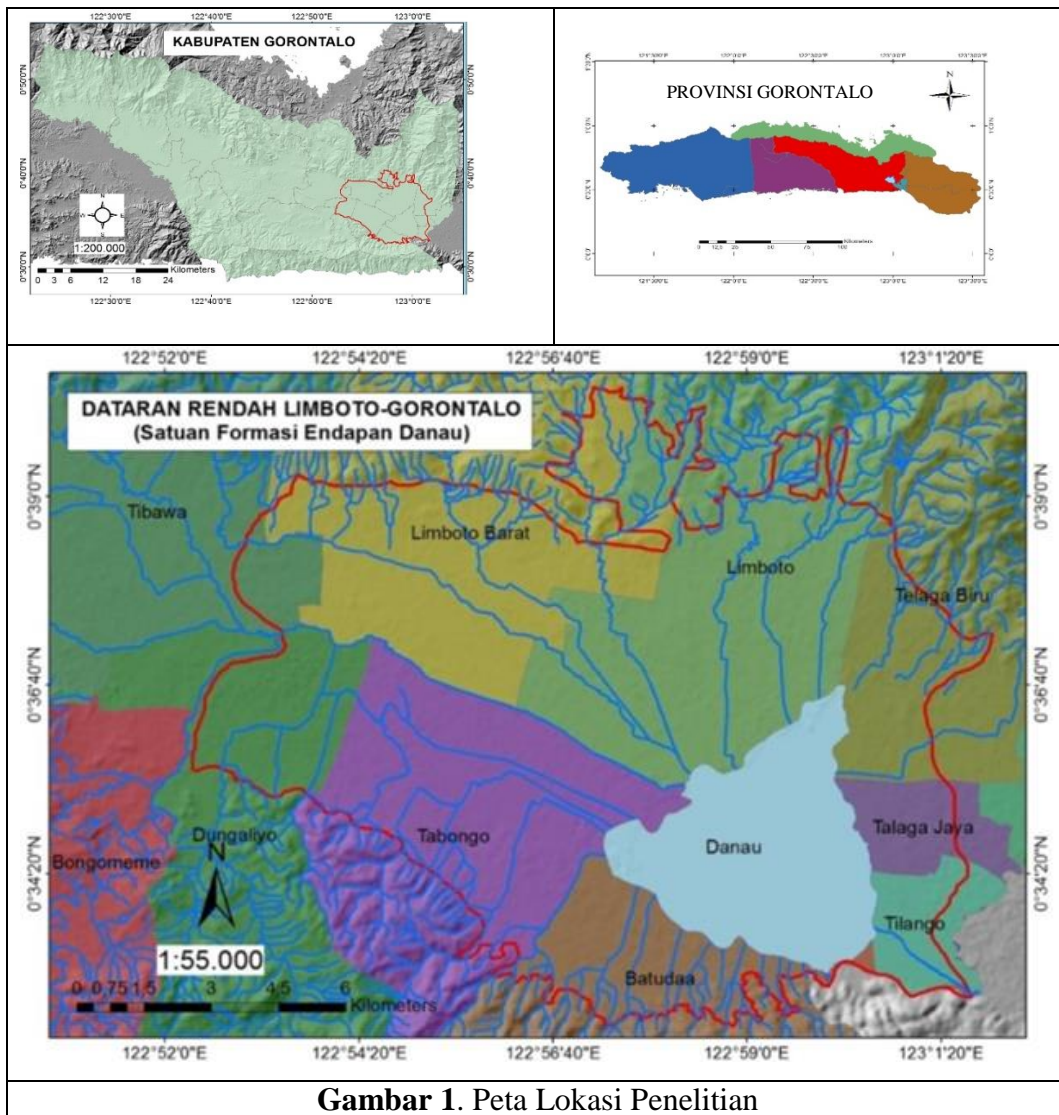
Hasil penelitian menunjukkan bahwa: 1) Secara hidrogeologi, lokasi penelitian merupakan wilayah pelepasan (*discharge area*) sistem CAT Gorontalo, tipologi sistem akuifer dataran alluvial, dengan jenis akuifer terdiri atas lapisan akuifer tidak tertekan, semi tertekan dan tertekan. Karakteristik litologi bawah permukaan lokasi penelitian umumnya menunjukkan silang siur antara material lempung (*aquiklud*), lempung pasir dan pasir lempungan (*aquitard*), pasir dan krikil (*aquifer*). Jenis litologi penyusun akuifer tidak tertekan terdiri pasir dengan nilai resistivitas 20-150 ohm-meter. Ketebalan akuifer tidak tertekan khususnya di wilayah bagian Barat Danau Limboto teridentifikasi memiliki ketebalan akuifer yang relatif seragam dengan ketebalan rata-rata 5 meter, sedangkan di wilayah bagian Utara dan Selatan cukup bervariasi yaitu dari ketebalan 1,5 meter hingga ketebalan 27,5 meter, 2). Zona potensi air tanah bebas terdiri atas 4 (empat) kategori yaitu zona potensi tinggi dan sangat tinggi, zona potensi sedang, dan zona potensi rendah tersebar di wilayah bagian Utara dan Selatan lokasi penelitian, 3). Zona penurapan air tanah bebas terdiri atas 4 (empat) zona penurapan yaitu zona penurapan I (kelas tinggi) dengan karakteristik potensi air tanah baik dari segi kuantitas dan kualitas, dapat diturap dan dimanfaatkan tanpa faktor pembatas, zona penurapan II (kelas sedang) memiliki potensi air tanah yang cukup baik dari segi kuantitas dan potensi kualitas yang terbatas secara lokal, dapat diturap dan dimanfaatkan dengan pengawasan, dan zona penurapan III (kelas rendah) merupakan zona dengan kuantitas air tanah rendah, dapat diturap dengan sangat terbatas.

I. PENDAHULUAN

Air tanah adalah air yang terdapat di dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah pada zona jenuh. Air tanah biasanya terdapat pada akuifer (*aquifer*) yang terdiri atas bebatuan dan partikel tanah yang tidak terkonsolidasi. Ketersediaan air sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia, bahkan air dapat menjadi salah satu faktor penghambat pertumbuhan perekonomian suatu negara (Schouten, 2006). Hendrayana (2002) mengemukakan bahwa saat ini peningkatan kebutuhan air tanah sangat pesat telah merubah nilai air tanah yang merupakan barang bebas (*free goods*) menjadi barang ekonomis (*economic goods*) yang telah diperdagangkan seperti komoditi lainnya. Tekanan terhadap air tanah akan semakin meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk untuk pemenuhan kebutuhan hidup dan pembangunan diberbagai sektor seperti industri, jasa dan pertanian (Ewusi dan Jerry, 2014). Potensi air tanah pada dasarnya merupakan jumlah air per kapita dalam kurun waktu tertentu. Permasalahan potensi air tanah baik kuantitas maupun kualitasnya dipengaruhi oleh karakteristik material penyusun air tanah itu berada.

Secara hidrogeologis, dataran Alluvial Limboto-Gorontalo merupakan bagian dari wilayah cekungan air tanah Gorontalo. Keterdapatannya Danau Limboto di dalam satuan morfologisnya dan secara geologis merupakan wilayah yang dilalui oleh jalur sesar utama Gorontalo. Kondisi tersebut dapat dijadikan indikator kemungkinan keterdapatannya karakteristik yang spesifik atau keunikan dari sistem hidrogeologi bawah permukaan yang berpengaruh terhadap kondisi akuifer di wilayah tersebut baik secara horizontal maupun secara vertikal dan berbeda jika dibandingkan dengan wilayah cekungan air tanah di dataran alluvia lainnya. Dataran Alluvial Limboto-Gorontalo merupakan pusat pertumbuhan pemukiman, pembangunan dan perekonomian di wilayah Kabupaten Sebagian besar masyarakat yang ada di wilayah Kabupaten Gorontalo menggunakan air tanah tidak tertekan melalui pemanfaatan sumur gali sebagai sumber air dalam memenuhi kebutuhan domestik (BPS, 2019).

Sehubungan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: 1) Mengkaji kondisi akuifer di Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo; 2) Menentukan zona potensi air tanah bebas di dataran aluvial Limboto-Gorontalo; 3) Menyusun zonasi dan rekomendasi tata guna air tanah bebas di Dataran aluvial Limboto-Gorontalo. Berdasarkan lingkup wilayah, lokasi penelitian difokuskan di sebagian wilayah dataran Aluvial Limboto-Gorontalo atau di sekitaran wilayah Danau Limboto pada koordinat 123° 1'10"-122° 52'00" BT dan 0° 34'20" - 0° 39'20" dengan pertimbangan wilayah tersebut merupakan pusat pemerintahan, pertumbuhan ekonomi, pembangunan serta pusat pertumbuhan penduduk yang secara langsung maupun tidak akan berpengaruh terhadap keberlangsungan sumberdaya air tanah setempat. Secara spasial, lokasi penelitian dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

I. METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif kuantitatif. Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei yaitu metode dengan melakukan pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Rangkaian kegiatan penelitian meliputi beberapa tahapan, dimulai dari tahap persiapan/pra-lapangan, kerja lapangan, pasca-lapangan, dan tahap hasil yang dirancang sesuai dengan tujuan penelitian. Ringkasan metode penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Metodologi Peneliti

No	Tujuan Penelitian	Variabel Penelitian	Parameter Penelitian	Metode Pengumpulan Data	Metode Analisis Data
1.	Mengkaji kondisi akuifer di dataran aluvial Limboto-Gorontalo	Kondisi Akuifer	<ol style="list-style-type: none"> 1) Kondisi hidrogeologi 2) Kondisi geologi 3) Kondisi geomorfologi 4) Kondisi litologi bawah permukaan (hidrostratigrafi, tipe akuifer, jenis litologi penyusun akuifer, ketebalan akuifer) 5) Karakteristik parameter hidrolis (transmisivitas dan konduktivitas hidrolis) 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Kondisi hidrogeologi regional diperoleh dengan interpretasi peta hidrogeologi regional skala 1:250.000 2) Kondisi geologi diperoleh dengan interpretasi peta geologi skala 1:1000.000 dan skala 1:50.000 diintegrasikan dengan interpretasi citra SRTM dan Sentinel 2A 3) Kondisi geomorfologi diperoleh dengan interpretasi citra SRTM dan Sentinel 2A 4) Kondisi litologi bawah permukaan diinterpretasi dari hasil pengukuran geolistrik metode VES yang diintegrasikan dengan data bor, well logging, hand bor (data sekunder). 5) Karakteristik parameter hidrolis: transmisivitas diperoleh dari data pumping test (data sekunder); konduktivitas hidrolis diinterpretasi dari hasil pengukuran geolistrik diintegrasikan dengan tabel permeabilitas menurut Morris dan Johnson. 	<p>Analisis integrasi antara analisis keruangan (<i>spatial approach analysis</i>) parameter kondisi hidrogeologi, geologi, geomorfologi, diintegrasikan dengan analisis teknis data pengukuran geolistrik, hidrogeologi lapangan dan data sekunder.</p>

Lanjutan

No	Tujuan Penelitian	Variabel Penelitian	Parameter Penelitian	Metode Pengumpulan Data	Metode Analisis Data
		Kondisi Air tanah	<ol style="list-style-type: none"> 1) Kedalaman muka air tanah (<i>water tabel</i>) bebas (mdpt) 2) Fluktuasi muka air tanah bebas 3) DHL air tanah bebas 4) Elevasi (mdpl) 	Parameter kedalaman, fluktuasi, dan DHL air tanah bebas dan elevasi diperoleh dari pengukuran dan pengamatan langsung sampel sumur gali di lapangan.	Analisis keruangan (<i>spatial approach analysis</i>) dengan metode interpolasi secara manual dan interpolasi digital.
2.	Menentukan zona potensi air tanah bebas di dataran aluvial Limboto-Gorontalo	Zona potensi air tanah	<p>Parameter fisik wilayah:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Geologi 2) Geomorfologi 3) Kemiringan lereng 4) Kerapatan kelurusan 5) Kerapatan aliran 6) Penggunaan lahan 7) Jenis tanah 8) Curah hujan <p>Parameter hidrogeologi lapangan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Kedalaman mat 2) Flukutasi mat 3) DHL air tanah 	1) Peta tematik parameter fisik wilayah (geomorfologi, geologi, kemiringan lereng, kerapatan kelurusan dan kerapatan aliran) ditentukan dengan interpretasi citra SRTM dan Sentinel 2A yang di <i>cross check</i> dengan peta analog (peta RBI, peta geologi dan <i>field check</i>). Peta penggunaan lahan ditentukan berdasarkan hasil interpretasi citra Sentinel 2A di <i>cross check</i> dengan citra SPOT 6 dan <i>field check</i> . Peta jenis tanah ditentukan berdasarkan proses digitasi ulang (<i>hands up digitizing</i>) peta analog jenis tanah skala semi detail. Peta curah hujan ditentukan berdasarkan metode interpolasi data curah hujan dari stasiun curah hujan lokasi penelitian.	Analisis keruangan (<i>spatial approach analysis</i>) terhadap peta-peta tematik dan dianalisis secara kuantitatif menggunakan metode <i>Multi Influencing Factor</i> (MIF), yang kemudian diintegrasikan menggunakan metode <i>weighted overlay</i> untuk penentuan zona potensi air tanah.

Lanjutan

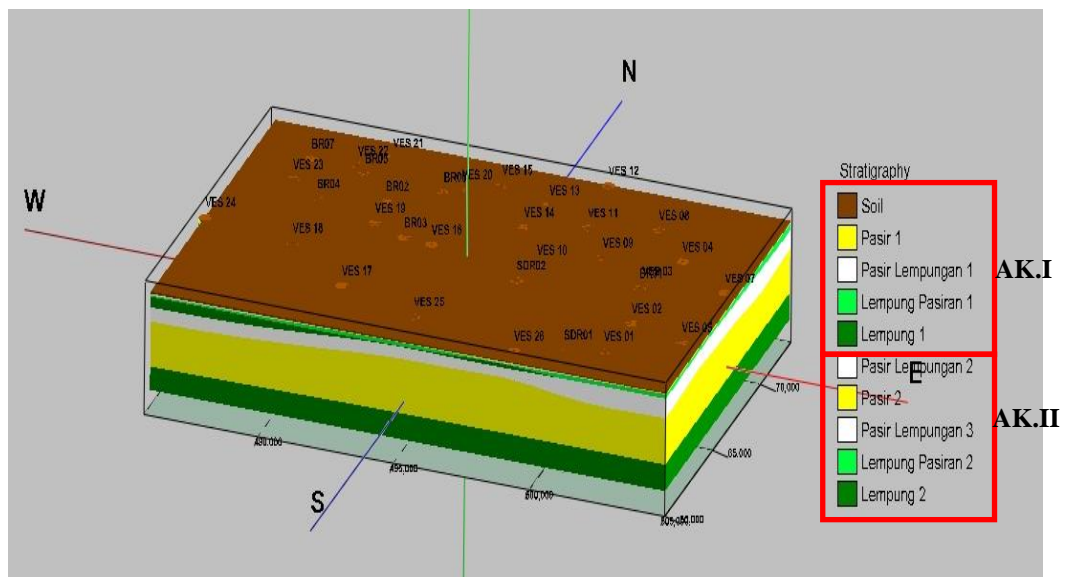
No	Tujuan Penelitian	Variabel Penelitian	Parameter Penelitian	Metode Pengumpulan Data	Metode Analisis Data
				<ol style="list-style-type: none"> 2) Peta tematik parameter hidrogeologi lapangan ditentukan berdasarkan hasil interpolasi data : kedalaman, fluktuasi dan DHL air tanah bebas (sumur gali) di lapangan. 3) Zona potensi air tanah ditentukan berdasarkan teknik <i>weighted overlay</i> parameter fisik wilayah kombinasi parameter hidrogeologi lapangan metode MIF. 	
3.	Menyusun zonasi dan rekomendasi tata guna air tanah bebas di Dataran aluvial Limboto-Gorontalo	Zona tata guna air tanah	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pemanfaatan air tanah berdasarkan tingkat kebutuhan air tanah untuk domestik (QDMI) 2) Peruntukan air tanah berdasarkan kuantitas air tanah metode dinamis (Q) 3) Zona potensi air tanah 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Tingkat kebutuhan air tanah untuk domestik (QDMI) ditentukan berdasarkan data jumlah penduduk dan kebutuhan air standar kategori wilayah desa dan kota (Data sekunder: BPS, 2019). 2) Kuantitas air tanah ditentukan berdasarkan hasil perhitungan debit air tanah (Q) menggunakan persamaan darcy dan <i>flownet</i>. 3) Zona potensi air tanah ditentukan berdasarkan teknik <i>weighted overlay</i> metode MIF (<i>output</i> tujuan penelitian ke 2). 	Analisis keruangan (<i>spatial approach analysis</i>) parameter tingkat kebutuhan air domestik (QDMI) dan kuantitas air tanah (Q) yang diintegrasikan dengan zona potensi air tanah (<i>output</i> tujuan penelitian ke 2) sebagai satuan wilayah analisis tingkat pemanfaatan dan peruntukan dalam penentuan dan perumusan rekomendasi tata guna air tanah.

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Akuifer

Pendekatan terintegrasi antara penginderaan jauh, geologi dan geomorfologi, serta pendekatan geofisika, memberikan kemudahan dalam kajian hidrogeologi dan kondisi akuifer lokasi penelitian baik secara lateral maupun secara vertikal (Dafny dan Silburn, 2014; Bonsor, 2017; Christophe, 2012). Integrasi hasil interpretasi kondisi geologi dan geomorfologi menunjukkan bahwa secara hidrogeologis lokasi penelitian merupakan wilayah lepasan (*discharge*) yang secara fisiografis merupakan wilayah cekungan oleh proses pengangkatan wilayah sekitarnya. Fetter (2004) mengemukakan bahwa daerah lepasan (*discharge area*) selalu berada di wilayah topografi datar (*topographic lows*). Mengacu pada klasifikasi Mandel dan Shiftan (1981, dalam Puradimadja, 2015) terkait klasifikasi tipologi sistem akuifer yang dikembangkan berdasarkan kondisi geomorfologi dan geologi Indonesia, serta berdasarkan hasil analisis spasial yang terintegrasi antara aspek geomorfologi, kondisi geologi, peta hidrogeologi, data VES pengukuran geolistrik dan data log bor (data sekunder), daerah penelitian termasuk kedalam kategori tipologi sistem akuifer alluvial. Berdasarkan aspek litologi, tipologi sistem akuifer alluvial dicirikan dengan ketersediaan formasi batuan endapan danau (Qpl) dan endapan sungai (Qs) dengan jenis litologi yang terdiri dari lempung, pasir, krikil, krakal bahkan ketersediaan lempung hitam.

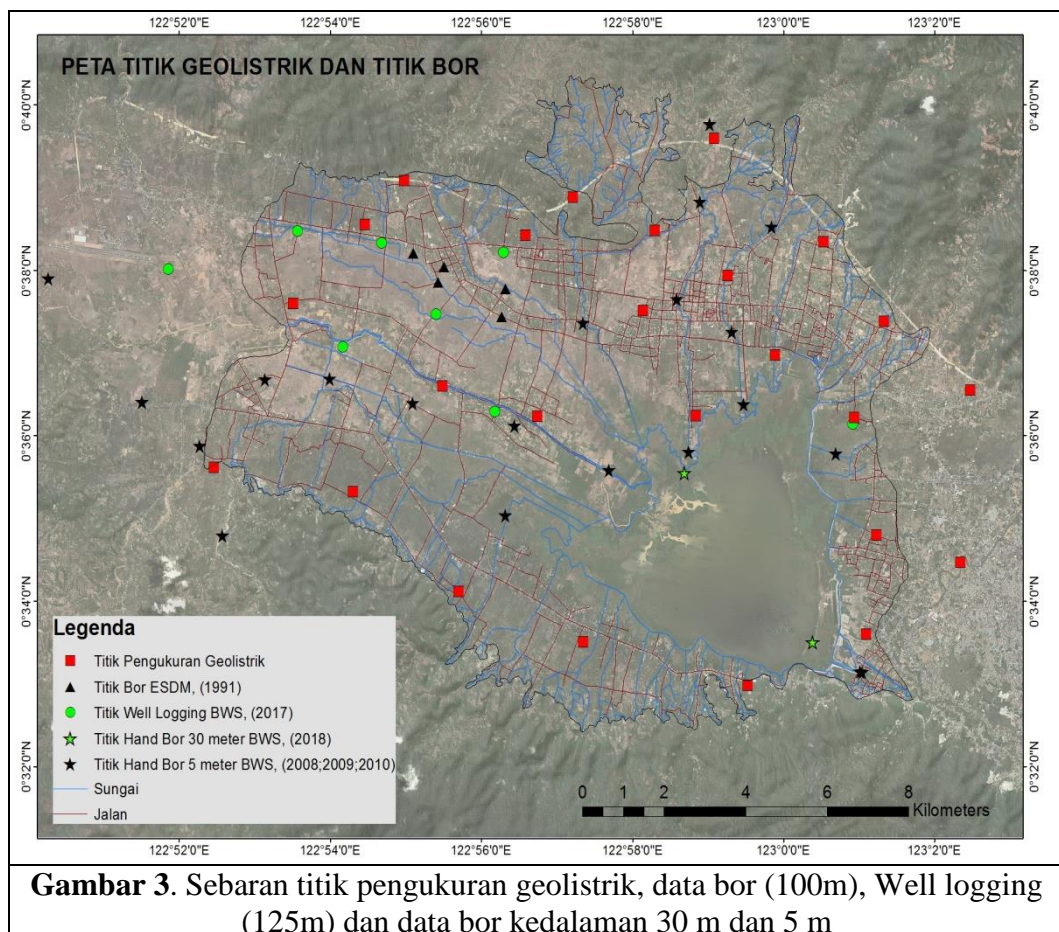
Farid (2013); Farid (2017) mengemukakan bahwa data geolistrik dan log pemboran yang dikombinasikan dengan data hidrogeologi akan menunjukkan unit hidrostratigrafi akuifer. Unit hidrostratigrafi lokasi penelitian terdiri atas dua bagian lapisan akuifer yaitu lapisan akuifer atas (AK.I) dan lapisan akuifer bawah (AK.II) (**Gambar 2**).



Gambar 2. Unit hidrostratigrafi akuifer lokasi penelitian

Akuifer atas (AK.I) merupakan unit hidrostratigrafi yang diklasifikasikan sebagai lapisan dengan jenis akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*), diduga merupakan hasil endapan campuran antara endapan sungai dan endapan danau (Qpl), dicirikan dengan keterdapatannya material pasir yang bercampur dengan material lempung (pasir lanauan dan pasir lempungan) yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas batuan pada kisaran nilai 20-150 Ωm dan terlihat pada hidrostratigrafi litologi data bor (data sekunder). Akuifer bawah (AK.II) merupakan unit hidrostratigrafi yang dikategorikan sebagai lapisan akuifer semi tertekan (*leaky aquifer*) dan akuifer tertekan (*confined aquifer*), diduga merupakan material endapan sungai (formasi QTs), serta material endapan batuan piroklastik (formasi Dolokapa) di beberapa wilayah bagian Utara (Yosenogoro).

Berdasarkan hasil interpretasi pengukuran geolistrik yang diintegrasikan dengan data sekunder berupa data bor kedalaman 100 meter, *well logging* kedalaman 125 meter, hand bor kedalaman 5 meter dan 30 meter yang sebaran lokasi pengukuran dapat dilihat pada **Gambar 3**, menunjukkan keterdapatannya variasi nilai resistivitas batuan dengan jenis litologi yang dilihat pada **Tabel 1**.



Tabel 1. Nilai resistivitas batuan, litologi dan hidrostratigrafi

Resistivity (Ωm)	Litologi	Hidrostratigrafi
1-8	Lempung	Akuiklud
8-20	Lempung pasiran	Akuitar
20-50	Campuran pasir lempung	Akuitar
20-150	Pasir	Akuifer
>150	Campuran pasir dan krikil	Akuifer

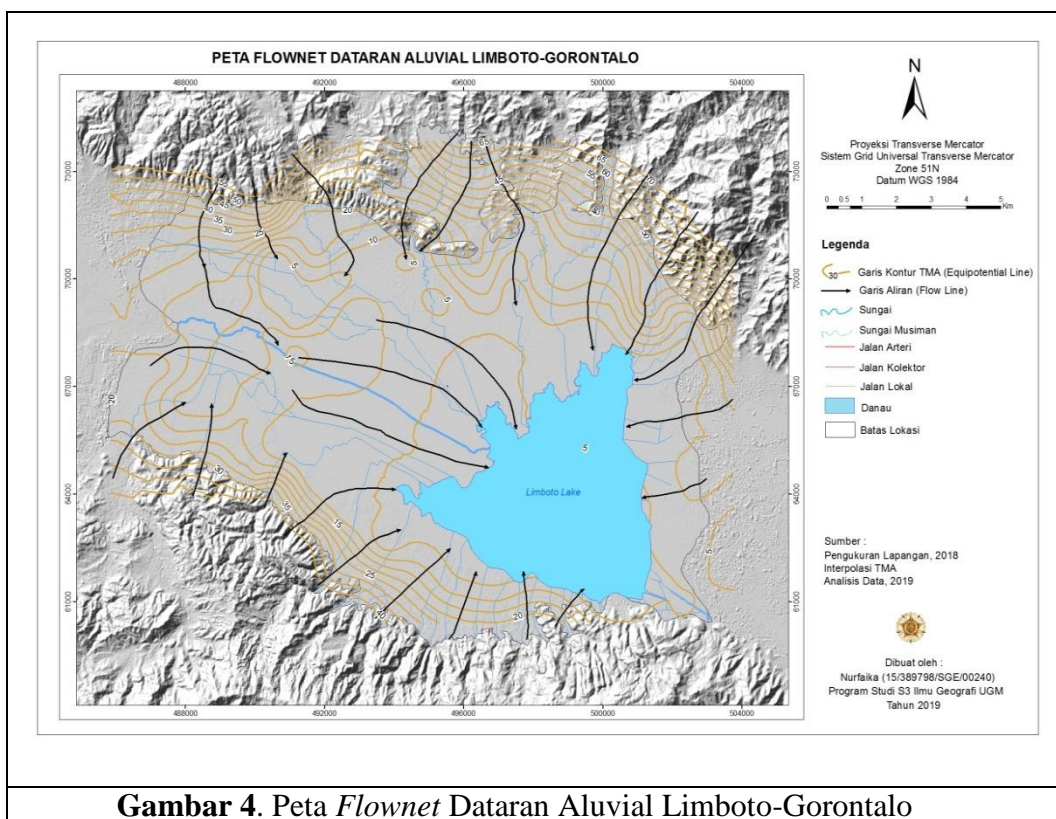
Sumber: Hasil Analisis Data, (2019)

Secara umum kondisi litologi bawah permukaan lokasi penelitian terdiri atas perselingan material lempung, lempung pasiran, pasir lempungan dan pasir. Bachri,1993; Bawono, 1990 melalui peta geologi mendeskripsikan formasi batuan endapan danau (Qpl) dan endapan sungai (Qs) tersebar di wilayah sekitar danau Limboto dengan jenis litologi yang terdiri dari lempung, pasir, krikil, krakal bahkan keterdapatan lempung hitam. Jenis atau tipe akuifer lokasi penelitian terdiri atas akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*), akuifer semi tertekan (*leaky aquifer*) dan akuifer tertekan (*confined aquifer*). Secara spasial, akuifer tidak tertekan umumnya terdapat pada semua titik di lokasi penelitian, teridentifikasi pada kedalaman rata-rata maksimum <10 m.dpt, memiliki kedalaman muka air tanah rata-rata \pm 3 m.dpt. Ketebalan akuifer di wilayah bagian Utara dan Selatan cukup bervariasi dengan ketebalan 5 m hingga 27,5 meter, sedangkan di wilayah bagian tengah atau Barat danau Limboto ketebalan akuifernya cukup homogen pada kedalaman rata-rata 5 meter. Jenis litologi penyusun lapisan akuifer terdiri atas material pasir, krikil, pasir lempungan/lempung pasiran, dan lempung (teridentifikasi di beberapa wilayah yang memiliki kedudukan di bawah lapisan top soil hasil pengukuran geolistrik) dengan nilai resistivitas 1-8 Ωm yang tidak dikategorikan sebagai lapisan kedap air oleh karena memiliki campuran material lanau yang merupakan material atau butiran penyusun batuan yang berukuran antara pasir dan lempung. Secara spasial, akuifer semi tertekan (*leaky aquifer*) umumnya tersebar di wilayah bagian Timur Danau Limboto, dimana bagian atas dan bawahnya dibatasi oleh lapisan akuitar, dan terdapat pada kedalaman rata-rata 20 m.dpt. Berdasarkan profil 1D dari data log bor dan well logging menunjukkan keterdapatan struktur perlapisan yang cukup bervariasi pada lapisan akuifer tertekan khususnya di wilayah Tunggulo Kecamatan Limboto Barat. Jenis litologi penyusun akuifer semi tertekan dan tertekan terdiri atas perselingan material lempung pasiran, pasir lempungan, pasir dan lempung, juga teridentifikasi keterdapatan material tuff pasiran pada kedalaman 40 m. di lokasi pengeboran Desa Tunggulo, dan lapisan dengan material *boulder* pada kedalaman \pm 50-70 m.dpt pada lokasi pengeboran Desa Tunggulo2 dan Yosenegro2.

3.2. Kondisi Air Tanah

Berdasarkan data kedalaman dari 156 sampel sumur gali, kedalaman muka air tanah bebas di lokasi penelitian teridentifikasi mulai pada kedalaman 0,35 m.dpt hingga 17,3 m.dpt dengan nilai rata-rata kedalaman adalah 3,4 m.dpt. Variasi nilai kedalaman MAT diklasifikasikan kedalam tiga kategori yaitu kelas dangkal (0-3 meter) , sedang (3-5) dan kelas dalam (>6 meter). Secara keruangan kedalamn

muka air tanah kelas dangkal (0-3 m) mendominasi lokasi penelitian, dan tersebar merata di wilayah bagian tengah lokasi penelitian. Adapun kedalaman air tanah kelas sedang (3-5m) dan kelas dalam (>6 m) tersebar di bagian Utara dan Selatan lokasi penelitian. Berdasarkan hasil rekonstruksi *flownet* (**Gambar 4**), secara spasial pola pergerakan aliran air tanah yang ada di Dataran Rendah Limboto-Gorontalo berasal dari wilayah perbukitan Utara dan Selatan Danau Limboto. Sebagian besar aliran air tanah bebas tidak mengalir secara langsung ke wilayah Danau Limboto akan tetapi mengalir ke beberapa wilayah yang memiliki tinggi muka air tanah dangkal, dengan kata lain bergerak mengikuti kemiringan aliran (*hydraulic gradient*) yaitu bergerak dari wilayah *head* yang tinggi ke wilayah *head* rendah.



Gambar 4. Peta *Flownet* Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo

Fluktuasi air tanah merupakan kondisi yang menggambarkan naik turunnya permukaan air tanah. Berdasarkan hasil analisis nilai fluktuasi muka air tanah, variasi nilai fluktuasi muka air tanah diklasifikasikan menjadi 4 kelas yaitu: 1) 0 – 2 meter (rendah), 2) 3-4 meter (sedang), 3) >4 meter (tinggi). Secara keruangan dan berdasarkan grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa fluktuasi muka air tanah lokasi penelitian didominasi oleh kelas fluktuasi rendah, tersebar pada sebagian wilayah Kecamatan Dungaliyo, Tabongo, Batudaa, Limboto Barat, Limboto, serta di Kecamatan Telaga Jaya dan Tilango. Sedangkan kelas fluktuasi MAT tertinggi (>4 meter) hanya terdapat di Desa Bilhuangga, Ombulo dan Pentadio.

Berdasarkan hasil analisis data nilai DHL, terdapat 35 sumur dari 156 sampel sumur gali yang termasuk ke dalam kategori zona rawan dengan nilai DHL 1.000-1.5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Rawan) dan teridentifikasi 3 sumur yang termasuk dalam zona kritis dengan nilai DHL $> 1.5000 \mu\text{S}/\text{cm}$ (kritis) dan memiliki karakteristik fisik berwarna kuning dan keruh. Secara spasial, sebaran nilai DHL kategori aman 0-1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mendominasi lokasi penelitian, sedangkan sebaran nilai DHL kategori rawan dan kritis hanya tersebar dan terakumulasi di wilayah bagian tengah lokasi penelitian, menempati wilayah Kecamatan Limboto dan Limboto Barat.

3.3. Potensi Air Tanah

Potensi air tanah secara spasial dan temporal dipengaruhi oleh kondisi permukaan dan karakteristik bawah permukaan seperti keterdapatannya rekahan (*fracture*), penggunaan lahan, bentang alam dan litologi (Adiat dkk, 2013). Pada penelitian ini, zonasi potensi air tanah ditentukan berdasarkan parameter fisik wilayah (geologi, bentuklahan, kemiringan lereng, kerapatan kelurusan, kerapatan aliran, jenis penggunaan lahan, jenis tanah, curah hujan), dikombinasikan dengan parameter hidrogeologi lapangan (kedalaman muka air tanah, fluktuasi, DHL air tanah bebas). Untuk penentuan zona potensi air tanah, parameter tersebut dianalisis secara kuantitatif menggunakan metode MIF dan diintegrasikan satu sama lain. Metode MIF merupakan salah satu metode kuantitatif yang simpel, efektif dan dapat diandalkan untuk pemetaan potensi air tanah (Magesh, 2012; Thapa 2017). Secara rinci, hasil analisis dan perhitungan proporsi atau bobot untuk setiap parameter (faktor) utama penentu potensi air tanah menggunakan metode MIF disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil analisis pengaruh dan penentuan proporsi bobot tiap faktor utama

Faktor/Parameter	<i>Major Effect</i> (A)	<i>Minor Effect</i> (B)	Proporsi Relatif (A+B)	Proporsi bobot tiap parameter $(A + B) / \sum (A + B)$ $\times 100$
Geology	1+1+1+1+1+1	0	7	27.5
Linement	1	0	1	3.9
Geomorphology	1+1	0	2	7.8
Drainage Density	0	0.5	0.5	2.0
Slope	1+1	0.5+0.5+0.5	3.5	13.7
Landuse	1+1	0.5+0.5+0.5	3.5	13.7
Rainfall	1+1	0.5+0.5+0.5	3.5	13.7
Soil type	1+1	0	2	7.8
Water table depth	0	0.5+0.5	1	3.9
Fluctuation of water table	0	0.5+0.5	1	3.9
Electrical conductivity	0	0.5	0.5	2.0
			25.5	100.0

Sumber: Hasil Analisis, (2019)

Mengacu dari hasil pembobotan parameter utama seperti yang telah diuraikan pada Tabel 2, hasil analisis dan penentuan skor (*rank*) tiap sub kelas parameter utama dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Skor (*ranks*) sub kelas parameter

Parameter (Influencing Parameters)	Sub kelas (Sub classes)	Bobot (Weight)	Skor (Rank)
Lithologi	Endapan danau	27,5	27,5
Geomorfologi	Rawa Danau	7,8	7,8
	Dataran banjir		5,85
	Dataran Aluvial		3,90
	Dataran Koluvial		1,95
Kerapatan kelurusan dan fault (km/km ²)	<0,3 km/km ² (Low)	3,9	3,90
	0,3-0,9 km/km ² (Moderate)		2,60
	>0,9 km/km ² (High)		1,30
Kerapatan aliran (km/km ²)	<0,73 km/km ² (Low)	2	2,0
	0,73-2,74 km/km ² (Moderate)		1,33
	>2,74 km/km ² (High)		0,67
Kemiringan lereng (%)	0-2 %	13,7	13,7
	3-7 %		9,13
	8 -13%		4,57
Penggunaan lahan	Sungai	13,7	13,7
	Empang		11,74
	Rawa danau		9,79
	Kebun Campuran		7,83
	Ladang/Tegalan		5,87
	Sawah irigasi		3,91
	Pemukiman		1,96
Jenis tanah	Kambisol Eutrik	7,8	7,8
	Gleisol Eutrik		5,85
	Grumosol Ustik		3,90
	Meditran Ustik		1,95
Curah hujan (mm/thn)	>1.900 (tinggi)	13,7	13,7
	1.600-1.800 (sedang)		9,13
	1.000-1.500 (rendah)		4,57
Kedalaman muka air tanah (m.bmt)	<3 (dangkal)	3,9	3,90
	4-7 (sedang)		2,60
	>7 (dalam)		1,30
Fluktuasi muka air tanah (meter)	<2 (rendah)	3,9	3,90
	2-4 (sedang)		2,60
	>4 (tinggi)		1,30
DHL (μ mhos/cm)	0 - 1.000 (Aman)	2	2,0
	1.000 - 1.500 (Rawan)		1,33
	1.500 - 5.000 (Kritis)		0,67

Sumber: Hasil analisis data, (2019)

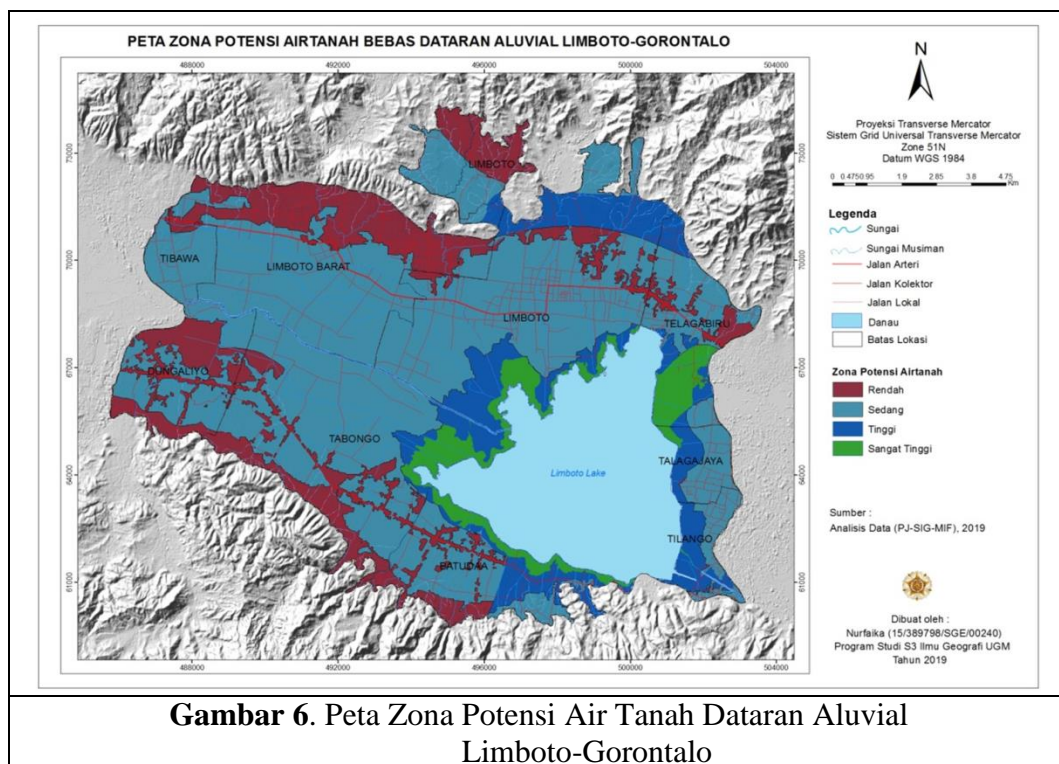
Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *weighted overlay* dan kalsifikasi *equal interval*, zona potensi air tanah lokasi penelitian diklasifikasikan

menjadi empat kelas yaitu kelas rendah (*very low*), sedang (*moderate*), tinggi (*high*) dan sangat tinggi (*very high*). Zona potensi air tanah kelas rendah tersebar di wilayah bagian Utara dan Selatan. Zona potensi air tanah kelas sedang tersebar di wilayah bagian tengah/Barat Danau Limboto. Zona potensi air tanah kelas tinggi tersebar di wilayah sekitar Danau Limboto. Zona potensi air tanah kelas sangat tinggi tersebar di wilayah sekitar Danau Limboto. Luasan wilayah masing-masing zona potensi disajikan pada **Tabel 4**. Adapun sebaran spasial zona potensi air tanah lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Tabel 4. Luas wilayah zona potensi air tanah bebas

Zona Potensi Air tanah Bebas	Luas (Ha)	Luas (Km ²)
Rendah	2.685	27
Sedang	8.327	83
Tinggi	1.624	16
Sangat Tinggi	755	8

Sumber: Hasil analisis, (2019)



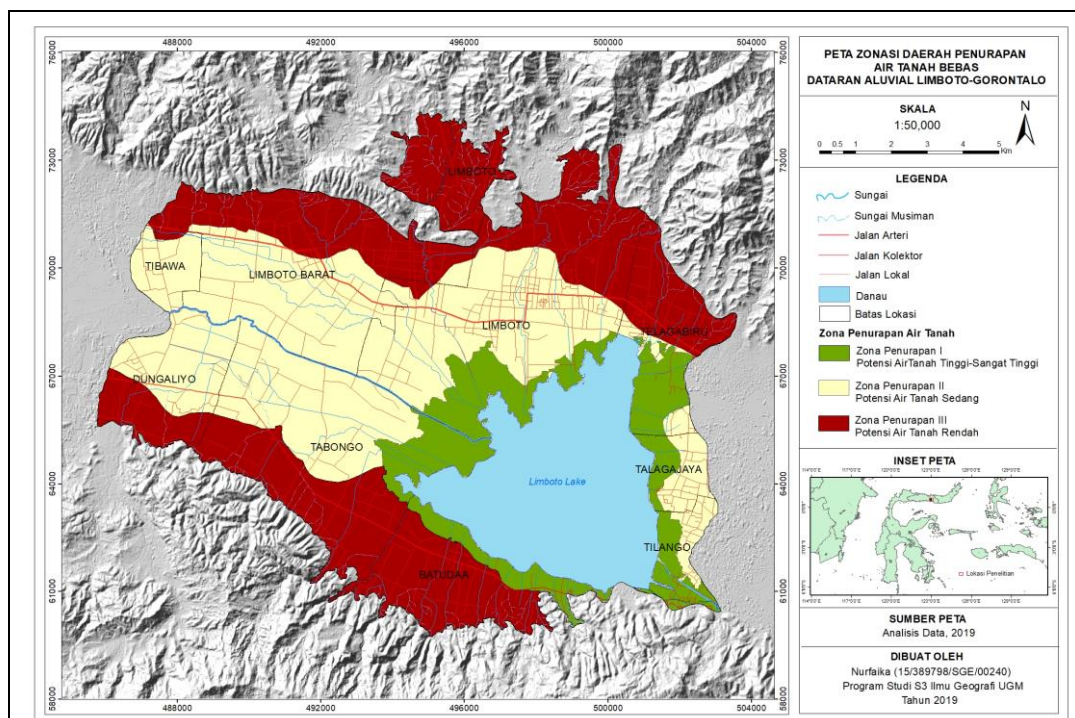
Gambar 6. Peta Zona Potensi Air Tanah Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo

3.4. Zona Tata Guna Air Tanah

Kajian penatunganaan air tanah mengacu pada PP RI No. 43 tahun 2008 yang bertujuan untuk penentuan zona pemanfaatan dan peruntukan air tanah. Parameter pemanfaatan dan peruntukan air tanah dianalisis berdasarkan tingkat kebutuhan air penduduk untuk domestik dan ketersediaan air tanah secara kuantitatif menggunakan perhitungan metode dinamis.

Secara spasial, hasil zonasi potensi air tanah metode MIF yang diintegrasikan dengan hasil analisis perhitungan potensi air tanah pendekatan dinamis menunjukkan bahwa 1) Zona potensi air tanah tinggi hingga sangat tinggi yang persebarannya di sekitar Danau Limboto memiliki debit aliran (Q) pada kisaran nilai 246 liter/detik, 2) Zona potensi air tanah sedang yang persebarannya mendominasi lokasi penelitian dan umumnya tersebar di wilayah bagian Barat Danau Limboto memiliki nilai debit aliran (Q) sebesar 200 liter/detik, 3) Zona potensi rendah yang persebarannya di wilayah bagian Utara lokasi penelitian memiliki debit aliran (Q) sebesar 100 liter/detik, dan untuk wilayah zona potensi air tanah rendah yang persebarannya di wilayah bagian Selatan lokasi penelitian memiliki debit aliran (Q) sebesar 154 liter/detik.

Secara umum masyarakat di lokasi penelitian memanfaatkan air tanah sebagai sumber air untuk pemenuhan kebutuhan rumah tangga atau kebutuhan domestik baik dengan menggunakan sumur bor maupun sumur gali, dan hanya 17 wilayah (desa) dari total 62 desa menggunakan PDAM sebagai sumber air untuk kebutuhan domestik. Hasil perhitungan dan analisis nilai tingkat kebutuhan air untuk domestic (QDMI) menunjukkan bahwa tingkat kebutuhan air masyarakat untuk kebutuhan domestik pada tahun 2019 sebesar 14.885.700 liter/hari atau setara dengan 14.885,70 m³/hari. Secara spasial, hasil integrasi zona potensi air tanah dengan hasil analisis QDMI menggambarkan bahwa secara umum wilayah bagian Utara dan Selatan memiliki nilai QDMI kategori rendah, sedangkan di wilayah bagian tengah lokasi penelitian (Barat Danau Limboto) dan sekitar danau Limboto menunjukkan nilai QDMI kategori tinggi –sangat tinggi.



Gambar 7. Peta Zona Penurapan Air Tanah Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo

Berdasarkan PP RI No. 43 tahun 2008, penatagunaan air tanah dilakukan atas dasar hasil analisis tingkat pemanfaatan air tanah dan peruntukan air tanah. Penyusunan rekomendasi tata guna air tanah bertujuan untuk arahan spasial pemanfaatan air tanah di wilayah dataran Aluvial Limboto-Gorontalo, Kabupaten Gorontalo. Berdasarkan hasil analisis terintegrasi antara ketersediaan air tanah bebas, kebutuhan air tanah untuk domestik, potensi air tanah kualitatif (metode MIF), potensi air tanah kuantitatif (metode dinamis), maka zona penurapan air tanah secara spasial dapat dilihat pada Gambar 7. Adapun rekomendasi arahan spasial pemanfaatan air tanah untuk domestik di wilayah dataran Aluvial Limboto-Gorontalo sebagai berikut : 1). Zona penurapan I (kelas tinggi-sangat tinggi) tersebar di sekitar danau Limboto dengan batasan wilayah berdasarkan batasan zona potensi air tanah kelas tinggi-sangat tinggi, dan direkomendasikan dapat dimanfaatkan untuk domestik bahkan untuk industri dan irigasi, 2). Zona penurapan II (kelas sedang) tersebar pada bagian tengah atau Barat dan Utara sekitar danau Limboto dengan batasan wilayah berdasarkan batasan zona potensi air tanah kelas sedang, dan direkomendasikan dapat dimanfaatkan secara umum untuk domestik, akan tetapi untuk keperluan memasak disarankan untuk tidak digunakan secara setempat oleh karena keterdapatan kualitas fisik air yang kurang baik secara lokal pada zona ini, 3). Zona penurapan III (kelas rendah), tersebar di wilayah bagian Utara dan Selatan lokasi penelitian, dengan batasan wilayah berdasarkan batasan zona potensi air tanah kelas rendah, dan direkomendasikan dapat dimanfaatkan untuk domestik dalam jumlah sangat terbatas baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya.

III. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

A. Kesimpulan

1. Secara hidrogeologis, lokasi penelitian merupakan wilayah lepasan (*discharge area*) sistem CAT Gorontalo,. Berdasarkan kondisi geomorfologi dan geologi, tipologi sistem akuifer lokasi penelitian merupakan **tipologi sistem akuifer alluvial**. **Unit hidrostratigrafi** lokasi penelitian terdiri atas dua bagian yaitu lapisan akuifer atas (AK.I) merupakan akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*) dan lapisan AK.II merupakan lapisan akuifer semi tertekan (*leaky aquifer*) dan akuifer tertekan (*confined aquifer*). **Jenis litologi penyusun akuifer tidak tertekan** terdiri dari material pasir dengan nilai resistivitas 20-150 ohm-meter (akuifer), material pasir lempungan dengan nilai resistivitas 20-50 ohm-meter (akuitar) dan material lempung pasiran dengan nilai resistivitas 8-20 ohm meter (akuitar). **Permeabilitas akuifer tidak tertekan** berdasarkan pendugaan geolistrik cukup bervariasi yaitu dari nilai 2,5 m/hari (pasir halus) hingga 45 m/hari (pasir kasar). **Ketebalan akuifer tidak tertekan** khususnya di wilayah bagian Barat Danau Limboto teridentifikasi memiliki ketebalan akuifer yang relatif seragam pada ketebalan rata-rata 5 meter, sedangkan di wilayah bagian Utara dan Selatan cukup bervariasi yaitu dari ketebalan 1,5 meter hingga ketebalan 27,5 meter.
2. Zona potensi air tanah tidak tertekan lokasi penelitian terdiri atas 4 (empat) zona yaitu: 1). Zona potensi air tanah kelas rendah yang tersebar di wilayah bagian Utara dan Selatan, 2). Zona potensi air tanah kelas sedang yang tersebar di wilayah bagian tengah/Barat Danau Limboto, 3). Zona potensi air tanah kelas tinggi tersebar di wilayah sekitar Danau Limboto, dan 4). Zona potensi air tanah kelas sangat tinggi tersebar di wilayah sekitar Danau Limboto.
3. Zona dan rekomendasi tata guna air tanah lokasi penelitian terkait penurunan dan arahan pola spasial pemanfaatan air tanah lokasi penelitian terdiri atas : 1). Zona penurunan I (kelas tinggi-sangat tinggi) tersebar di sekitar danau Limboto dengan batasan wilayah berdasarkan batasan zona potensi air tanah kelas tinggi-sangat tinggi, 2). Zona penurunan II (kelas sedang) tersebar pada bagian tengah atau Barat dan Utara sekitar danau Limboto dengan batasan wilayah berdasarkan batasan zona potensi air tanah kelas sedang, dan, 3). Zona penurunan III (kelas rendah), tersebar di wilayah bagian Utara dan Selatan lokasi penelitian, dengan batasan wilayah berdasarkan batasan zona potensi air tanah kelas rendah.

B. Rekomendasi

Berdasarkan hasil perumusan zona penurunan yang telah dilakukan, Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo terbagi atas 3 (tiga) zona penurunan yaitu zona penurunan I, zona penurunan II dan zona penurunan III berikut rekomendasinya:

1. Zona Penurunan I merupakan zona penurunan kelas tinggi-sangat tinggi, tersebar di wilayah sekitar Danau Limboto aman untuk diturap dalam jumlah

tidak terbatas dan masih aman diturap dalam waktu jangka lama, serta dapat dimanfaatkan tanpa faktor pembatas. Selain itu, oleh karena wilayah ini sering mengami fenomena banjir dimusim hujan, direkomendasikan sebagai wilayah lumbung sumber daya air tanah di Kabupaten Gorontalo yang dapat diberdayakan disaat musim kemarau dan dijadikan sebagai pusat wilayah sumber airbersih untuk wilayah atau zona potensi rendah yang terletak di bagian Utara dan Selatan.

2. Zona penurapan II merupakan zona penurapan kelas sedang yang tersebar diwilayah bagian engah atau wilayah bagian Barat danau dan Utara danau Limboto, direkomendasikan menjadi wilayah prioritas pengawasan dan pemantauan terkait pola pemanfaatan air tanah oleh karena di wilayah ini sumberdaya air tanah selain dimanfaatkan untuk kebutuhan domestik, juga dimanfaatkan oleh masyarakat setempat untuk irigasi yang sebagian dikelola secara perorangan, disatu sisi wilayah ini termasuk kategori potensi sedang dan meliputi wilayah yang menjadi pusat pertumbuhan penduduk, ekonomi dan industri, sehingga sangat memungkinkan pemanfaatan air tanah akan selalu mengalami peningkatan dari tahun ketahun.
3. Zona penurapan III merupakan zona penurapan kelas rendah yang tersebar di wilayah bagian Utara dan Selatan lokasi penelitian. Berdasarkan hasil analisis pola arah aliran, air tanah yang mengalir ke wilayah bagian tengah lokasi, ke beberapa wilayah head rendah, dan aliran yang bermuara di Danau Limboto bersumber dari wilayah ini, sehingga zona ini direkomendasikan sebagai wilayah prioritas konservasi oleh karena diduga merupakan wilayah transisi antara daerah imbuhan (*recharge area*) dan daerah lepasan (*discharge area*).

DAFTAR PUSTAKA

- Adiat, Nawawi, and K. Abdullah. 2013. "Application of Multi-Criteria Decision Analysis to Geoelectric and Geologic Parameters for Spatial Prediction of Groundwater Resources Potential and Aquifer Evaluation." *Pure and Applied Geophysics*, 170(3): 453–71.
<http://link.springer.com/10.1007/s00024-012-0501-9>.
- Bachri, S dan Ratman, N. 1993. Peta Geologi Lembar Tilamuta, skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Bawono, S., Partoyo, E., Wirosujono, S., Situmorang, R.I., dan Spanjoro, R.J. 1990. Peta Geologi Lembar Limboto, Sulawesi Skala 1:100.000. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Kabupaten Gorontalo dalam Angka. BPS.
- Bonsor, et.al. 2017. "Hydrogeological typologies of the Indo-Gangetic basin alluvial aquifer, South Asia." *Hydrogeology Journal*.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10040-017-1550-z>.

- Christophe., et.al. 2012. "The typology of Irish hard-rock aquifers based on an integrated hydrogeological and geophysical approach." *Hydrogeology Journal*. <http://dx.doi.org/10.1007/s10040-012-0884-9>.
- Dafny, E and Silburn, M. 2014. "The hydrogeology of the Condamine River Alluvium Aquifer, Australia: a critical assessment." *Hydrogeology Journal*. <http://dx.doi.org/10.1007/s10040-013-1075-z>.
- Ewusi, Anthony, and Jerry S Y Kuma. 2014. "Groundwater Assessment for Current and Future Water Demand in the Daka Catchment , Northern Region, Ghana." 23(4).
- Farid, A., Khalid, P., Jadoon, K.Z., Iqbal, M.A., Small, J. 2017. "An Application of Variogram Modeling for Electrical Resistivity Sounding to Characterize Depositional System and Hydrogeology of Bannu Basin, Pakistan". *Geosciences Journal* Vol 21, No 5,p819-839.
- Farid, A., Jadoon, K., Akhter, G., Iqbal, M.A. 2013. "Hydrostratigraphy and hydrogeology of the western part of Maria area, Pakistan: a case study by using electrical resistivity". *Environ Monit Assess*: 185:2407-2422. Doi:10.1007/s10661-012-2720-z.
- Fetter, C.W. 2004. *Applied Hydrogeology*, 4th edition. New York: Mac Millan Publishing.
- Hendrayana, H. 2002. Dampak Pemanfaatan Air tanah. Jurusan Teknik Geologi UGM. (online), (<https://academia.edu>).
- Magesh, N.S, Chandrasekar,N., and Soundranayagam, J.P. 2012. "Delineation of groundwater potential zones in Theni district, Tamil Nadu, using remote sensing, GIS and MIF techniques." *Geoscience Frontiers*. Doi:10.1016/j.gsf.2011.10.007.
- Peraturan Pemerintah, Nomor 43 Tahun 2008.
- Puradimadja dan Irawan. 2015. *Hidrogeologi Umum*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Schouten, M. 2006. *Integrated Water Resources Management*. Unpublish lectures note. Delft: UNESCO-IHE Institute for Water Education
- Thapa, R., et.al. 2017. "Assessment of groundwater potential zones using multi-influencing factor (MIF) and GIS: a case study from Birbhum district, West Bengal." *Appl Water Sci*. DOI 10.1007/s13201-017-0571-z.