

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN	xviii
KATA PENGANTAR	xix
DAFTAR ISI	xxii
DAFTAR TABEL	xxiv
DAFTAR GAMBAR	xxv
DAFTAR LAMPIRAN	xxix
INTISARI	xxx
ABSTRACT	xxxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Pertanyaan Penelitian	6
1.4. Tujuan Penelitian	6
1.5. Batasan Ruang Lingkup Penelitian	7
1.6. Manfaat Penelitian	9
1.7. Keaslian Penelitian	9
1.8. Definisi Operasional	18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka	22
2.1.1. Penelitian Terdahulu di Lokasi Penelitian	22
2.1.2. Penelitian Terdahulu di Luar Lokasi Penelitian	32
2.2. Dasar Teori	37
2.2.1. Air Tanah	37
2.2.2. Kondisi Akuifer	41
2.2.3. Potensi Air tanah	48
2.2.4. Tata Guna Air tanah	54
2.2.5. Metode Vertikal Electrical Soundeig (VES)	59
2.2.6. Urgensi SIG dan Penginderaan Jauh untuk Kajian Air Tanah ..	63
3.2. Kerangka Pikir	70
BAB III METODE PENELITIAN	73
3.1. Jenis dan Metode Penelitian	73
3.2. Tahapan Penelitian	73
3.2.1. Tahap Pra-Lapangan	73
3.2.2. Tahap Kerja Lapangan	76
3.2.3. Tahap Pasca Lapangan	107

BAB IV DESKRIPSI WILAYAH PENELITIAN	121
4.1. Iklim dan Curah Hujan	121
4.2. Kondisi Sosial	123
4.3. Kondisi Hidrologi	124
4.4. Kondisi Geomorfologi	124
4.5. Kondisi Geologi	130
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	134
5.1. Kondisi Akuifer Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	134
5.1.1 Kondisi Wilayah Hidrogeologi	134
5.1.2 Tipologi Sistem Akuifer	135
5.1.3 Jenis Litologi Penyusun Akuifer	142
5.1.4 Tipe Akuifer	169
5.1.5 Karakteristik Parameter Hidrolik Akuifer	171
5.1.6 Ketebalan Akuifer Tidak Tertekan	177
5.2. Kondisi Air tanah Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	179
5.2.1 Kedalaman Muka Air tanah dan Pola Aliran Air tanah Bebas ..	179
5.2.2 Fluktuasi Muka Air tanah Bebas	184
5.2.3 Karakteristik Fisik Air tanah Bebas	187
1. Daya Hantar Listrik (DHL)	187
2. Warna, Kekeruhan, Bau dan Rasa	190
5.3. Potensi Air tanah Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	191
5.3.1 Karakteristik Parameter Fisik Wilayah Penentu Potensi Air tanah	191
5.3.2 Bobot dan Skor Parameter Penentu Potensi Air Tanah	
Metode MIF	217
5.3.3 Zona Potensi Air tanah Metode MIF	222
5.4. Zona Tata Guna Air Tanah Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	229
5.4.1 Potensi Air Tanah Metode Dinamis	229
5.4.2 Kebutuhan Air Tanah Untuk Domestik	235
5.4.3 Zonasi dan Rekomendasi Tata Guna Air Tanah Bebas	244
5.5. Diskusi Teoritik dan Temuan Penelitian	249
5.5.1 Diskusi Teoritik	249
5.5.2 Temuan Penelitian	260
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	263
6.1. Kesimpulan	263
6.2. Saran	265
DAFTAR PUSTAKA	268
LAMPIRAN	277

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Daftar penelitian sebelumnya terkait air tanah	11
Tabel 2.1	Paremeter MIF peneliti sebelumnya	35
Tabel 2.2	Nilai konduktifitas hidrolis berbagai material batuan	45
Tabel 2.3.	Standar klasifikasi <i>transmissivity</i>	46
Tabel 2.4	Perhitungan proporsi skor atau ranking tiap parameter MIF	52
Tabel 2.5	Contoh klasifikasi dan nilai bobot tiap sub kelas parameter metode MIF	52
Tabel 2.6	Kebutuhan air bersih rumah tangga kategori kota	56
Tabel 2.7	Tingkat potensi kuantitatif air tanah bebas	57
Tabel 2.8	Klasifikasi Total Dissolver Solid (TDS) air tanah.....	58
Tabel 2.9	Klasifikasi nilai DHL	59
Tabel 2.10	Nilai resistivitas menurut Ward (1990) dan Telford (1990) dalam Lowrie (2007)	63
Tabel 3.1.	Contoh tabel <i>confusion matriks</i>	91
Tabel 3.2.	Klasifikasi kelas kemiringan lereng	95
Tabel 3.3.	Klasifikasi Kedalaman Muka Air tanah	111
Tabel 3.4.	Klasifikasi Fluktuasi Muka Air tanah	112
Tabel 3.5.	Klasifikasi nilai DHL Air tanah Bebas	113
Tabel 4.1	Data curah hujan lokasi penelitian	121
Tabel 4.2.	Jumlah Penduduk Per Kecamatan (Tahun 2016-2018)	123
Tabel 4.3.	Karakteristik bentuklahan lokasi penelitian	126
Tabel 5.1.	Nilai resistivitas batuan, litologi dan hidrostratigrafi	144
Tabel 5.2.	Nilai konduktivitas hidrolis akuifer tidak tertekan	172
Tabel 5.3.	Karakteristik hidrolis akuifer hasil uji pompa (pumping test)	173
Tabel 5.4.	Karakteristik fisik air tanah tercemar	190
Tabel 5.5.	Matriks Uji Ketelitian Peta Geologi	195
Tabel 5.6.	Matriks uji ketelitian peta geomorfologi	196
Tabel 5.7.	Matriks uji akurasi hasil interpretasi kelurusan	200
Tabel 5.8.	Matriks uji akurasi peta jaringan sungai	203
Tabel 5.9.	Matriks uji akurasi peta kemiringan lereng	206
Tabel 5.10.	Matriks uji ketelitian hasil interpretasi penggunaan lahan	209
Tabel 5.11.	Hasil analisis effect dan penentuan proporsi bobot tiap faktor	217
Tabel 5.12.	Skor (<i>ranks</i>) tiap sub kelas parameter	221
Tabel 5.13.	Luas wilayah zona potensi air tanah bebas	222
Tabel 5.14.	Sebaran wilayah segmen lokasi penelitian	231
Tabel 5.15.	Hasil Perhitungan Potensi Air tanah Metode Dinamis	232
Tabel 5.16	Nilai debit aliran berdasarkan sebaran segemen tiap wilayah ...	233
Tabel 5.17.	Sumber air bersih masyarakat untuk keperluan domestik per Kecamatan di lokasi penelitian	237
Tabel 5.18.	Kebutuhan air domestik lokasi penelitian	239
Tabel 5.19.	Kebutuhan air domestic tiap zona potensi air tanah	244

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Penelitian	8
Gambar 2.1.	Peta Geologi Regional Provinsi Gorontalo	24
Gambar 2.2	Stratigrafi regional peta geologi 1:100.000 lembar Talamuta .	25
Gambar 2.3	Peta geologi lokasi penelitian.....	26
Gambar 2.4	Lokasi sampel batuan lokasi penelitian	27
Gambar 2.5	Sampel batuan di lapangan (BR002), perselingan antara batuan lempung pasir- lempung, Desa bongomeme, Kec. Dungaliyo	28
Gambar 2.6	Analisis mikroskopis sayatan tipis sampel batu pasir (BR001), desa Bongomeme, Kec. Dungaliyo	28
Gambar 2.7	Peta Hidrogeologi Regional Lokasi Penelitian	30
Gambar 2.8	Jaring aliran (rekonstruksi horizontal) pada akuifer tidak Tertekan	40
Gambar 2.9	Estimasi Transmisivitas berdasarkan ukuran material dengan log bor (Boonstra dan Raider, 1981)	46
Gambar 2.10	Penentuan ketebalan akuifer tidak tertekan berdasarkan rata-rata aritmatik ketinggian muka air	47
Gambar 2.11	Hubungan pengaruh antara parameter kaitannya dengan potensi air tanah (Magesh, 2012)	51
Gambar 2.12	Pengaturan elektroda untuk pengukuran resistivitas	60
Gambar 2.13	Konfigurasi Elektroda (Kirsch, 2006)	61
Gambar 2.14	Nilai resistivitas batuan menurut Griffiths dan King (1981)	62
Gambar 2.15	Contoh penentuan gradien hidrolik (<i>gradient hydraulic</i>) berdasarkan three point method	67
Gambar 2.16	Weighted overlay analysis	69
Gambar 2.17	Kerangka Pikir Penelitian	72
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	74
Gambar 3.2	Persebaran Titik Lokasi Pengukuran Geolistrik di Lapangan .	80
Gambar 3.3	Pengaturan rangkain alat geolistrik di lapangan	81
Gambar 3.4	Sebaran lokasi pengamatan sumur gali di Dataran Alluvial Limboto-Gorontalo pada tiap grid (1km x 1 km)	83
Gambar 3.5	Kalibrasi GPS di wilayah pinggir pantai	84
Gambar 3.6	Pengukuran elevasi lokasi sumur gali	85
Gambar 3.7	Contoh cara penentuan kedalaman muka air tanah dan penentuan nilai tinggi muka air tanah (TMA)	85
Gambar 3.8	Wawancara pemilik sumur dan pengamatan bekas batas tertinggi kedalaman muka air tanah pada bibir sumur	86
Gambar 3.9	Pengukuran Nilai DHL dengan alat <i>conductivity meter</i>	87
Gambar 3.10	Citra Sentinel 2A komposit band RGB 4,11,12 dan komposit band RGB 4,11,12 hasil penajaman citra dan transformasi HIS	93
Gambar 3.11	Cross check citra Sentinel 2A RGB 432 (<i>true colour</i>) penajaman 2% dan Citra SPOT 6 RGB 431 (<i>false colour</i>)	

	penajaman liner 2% untuk penarikan batas satuan bentuklahan dataran rawa banjir dan rawa danau	94
Gambar 3.12	Peta sebaran titik lokasi pengamatan bidang sesar di lapangan	97
Gambar 3.13	Kenampakan bidang sesar di perbukitan wilayah Lekobalo-Batudaa (Lokasi titik L2)	98
Gambar 3.14	Hasil klasifikasi penggunaan lahan berdasarkan <i>ROI Sample</i> .	101
Gambar 3.15	Hasil analisis indeks separability <i>ROI Sample</i>	101
Gambar 3.16	Ilustrasi debit aliran (Q) (Persamaan Darcy) berdasarkan peta jejaring air tanah (flownet)	104
Gambar 3.17	Ilustrasi penentuan ketebalan akuifer tidak tertekan menurut Boonstra dan Rider (1981) yang dimodifikasi	106
Gambar 3.18	Diagram alir penentuan zona dan rekomendasi tata guna Air tanah	107
Gambar 3.19	Interpolasi manual garis ketinggian muka air tanah metode 3PM.....	114
Gambar 3.20	Diagram keterkaitan antara faktor terhadap potensi air tanah metode MIF (Magesh, 2012; Thapa, 2017; Das, 2017; Thomas, 2018 dan Modifikasi)	115
Gambar 4.1	Peta lokasi stasiun pos curah hujan BWS lokasi penelitian ...	122
Gambar 4.2	Deskripsi toopografi lokasi penelitian dan sekitar	125
Gambar 4.3	Peta sebaran lokasi titik pengeboran ESDM dan BWS	131
Gambar 4.4	Penampang Litologi Desa Yosenogoro, Kec. Limboto Barat	132
Gambar 4.5	Penampang <i>Well Logging</i> di Desa Ilomangga, Kec. Tabongo	132
Gambar 4.6	Penampang <i>Log Bor Hole</i> kedalaman 30 meter di Desa Tabumela, Kec. Tilango	133
Gambar 4.7	Perselingan batu lempung pasir dan lempung, tebing Sungai Alo Puhu wilayah Bongomeme	133
Gambar 5.1	Ilustrasi wilayah <i>discharge</i> dan <i>recharge</i> lokasi penelitian	135
Gambar 5.2	Cross section 1D (orientasi tampilan dari arah selatan) korelasi data VES pengukuran geolistik dan Data Well logging kedalaman 125 mdpt + log bor hole kedalaman 30 mdpt	139
Gambar 5.3	Penampang melintang diagram pagar 2D (orientasi tampilan dari arah selatan) korelasi data VES pengukuran geolistik dan Data well logging kedalaman 125 mdpt + log bor hole kedalaman 30 mdpt	139
Gambar 5.4	Unit hidrostratigrafi akuifer lokasi penelitian	140
Gambar 5.5	Sebaran titik lokasi pengukuran geolistrik, data bor (100m) dan data bor kedalaman 30 m dan 5 m	142
Gambar 5.6	Garis lintasan penampang melintang (<i>cross section</i>)	145
Gambar 5.7	Litologi penampang 1D lintasan A-A'	146
Gambar 5.8	Litologi Penampang 1D lintasan B-B'	147
Gambar 5.9	Cross section B-B'	148
Gambar 5.10	Foto pengamatan profil tanah penggalian untuk pembuatan batu bata di sekitar lokasi VES 23	148

Gambar 5.11	Data <i>log bore hole</i> wilayah Sub DAS Alo Pohu milik BWS Dinas PU, Tahun 2010	149
Gambar 5.12	Litologi penampang 1D, lintasan C-C'	150
Gambar 5.13	Cross section C-C'	151
Gambar 5.14	Litologi penampang 1D, lintasan D-D'	152
Gambar 5.15	Cross section D-D'	152
Gambar 5.16	Litologi penampang 1D, lintasan E-E'	153
Gambar 5.17	Cross section E-E'	154
Gambar 5.18	Litologi penampang 1D, lintasan F-E'	155
Gambar 5.19	Cross section F-E'	155
Gambar 5.20	Litologi penampang 1D, lintasan A-D'	156
Gambar 5.21	Cross section A-D'	157
Gambar 5.22	Litologi penampang 1D, lintasan X-E'	158
Gambar 5.23	Cross section X-E'	159
Gambar 5.24	Litologi penampang 1D, lintasan O-F'	159
Gambar 5.25	Cross section O-F'	160
Gambar 5.26	Litologi penampang 1D, lintasan S-S'	161
Gambar 5.27	Cross section S-S'	161
Gambar 5.28	Litologi penampang 1D, lintasan C'-T'	162
Gambar 5.29	Litologi penampang 1D, lintasan U-T'	163
Gambar 5.30	Litologi penampang 1D, lintasan T-T'	164
Gambar 5.31	Cross section T-T'	165
Gambar 5.32	Litologi penampang 1D, lintasan A'-D'	166
Gambar 5.33	Cross section A'-D'	167
Gambar 5.34	Litologi Penampang 1D, Lintasan D'-E'	167
Gambar 5.35	Peta sebaran titik lokasi uji pompa	176
Gambar 5.36	Peta Ketebalan Akuifer Tidak Tertekan Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	178
Gambar 5.37	Foto pengukuran kedalaman muka freatik dan sifat fisik air tanah pada sumur gali di lokasi penelitian	179
Gambar 5.38	Peta Kedalaman Muka Air tanah Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	180
Gambar 5.39	Peta pola aliran air tanah Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	182
Gambar 5.40	Pola arah aliran air tanah dalam bentuk 3D di Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	183
Gambar 5.41	Grafik Nilai Fluktuasi MAT Lokasi Penelitian	184
Gambar 5.42	Peta Fluktuasi Muka Air tanah Bebas di Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	184
Gambar 5.43	Peta Sebaran Daya Hantar Listrik (DHL) Air tanah Bebas Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	189
Gambar 5.44	Foto sampel air sumur tercemar	191
Gambar 5.45	Citra Sentinel 2A Komposit RGB 8,11,12 dengan penajaman	192
Gambar 5.46	Peta Geologi Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	193
Gambar 5.47	Sebaran titik pengamatan geomorfologi di lapangan	198
Gambar 5.48	Morfologi sungai lokasi penelitian dan sekitarnya	202

Gambar 5.49	Peta Kerapatan Aliran Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	204
Gambar 5.50	Peta Kemiringan Lereng Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo...	207
Gambar 5.51	Peta Jenis Penggunaan Lahan Dataran Aluvial Limboto- Gorontalo	211
Gambar 5.52	Peta Curah Hujan Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	213
Gambar 5.53	Peta Jenis Tanah Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	215
Gambar 5.54	Peta Zona Potensi Air tanah Dataran Aluvial Limboto- Gorontalo	224
Gambar 5.55	Peta sebaran wilayah segmen untuk perhitungan debit aliran (q) air tanah bebas dataran aluvial Limboto-Gorontalo	230
Gambar 5.56	Peta Sebaran Tingkat Kebutuhan Air Untuk Domestik	242
Gambar 5.57	Peta zonasi daerah penurapan air tanah bebas di Dataran Aluvial Limboto-Gorontalo	248

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data hidrogeologi lapangan (hasil pengamatan sumur gali)	L-1
Lampiran 2	Lembar isian pengukuran geolistrik di lapangan	L-5
Lampiran 3	Pengolahan data geolistrik konfigurasi Schlumberge dengan software IP2Win Data, Pengukuran November 2018 (Jumlah lokasi = 25 titik).	L-6
Lampiran 4	Gambar penampang pagar berdasarkan 25 titik data VES dalam bentuk 2D	L-11
Lampiran 5	Visualisasi hasil pengukuran data VES dalam bentuk 3D	L-12
Lampiran 6	<i>Log Bore Hole</i> Kedalaman 30 meter (kawasan Danau Limboto) di Desa Kayubulan dan Tabumela, Dinas PU BWS Region II Sulawesi	L-13
Lampiran 7	<i>Hand bor</i> Kedalaman 5 meter Lokasi Kawasan Danau, Dinas PU BWS Region II Sulawesi	L-18
Lampiran 8	<i>Hand bor</i> Kedalaman 5 meter Lokasi wilayah sungai Alo-Pohu, Dinas PU BWS Region II Sulawesi	L-21
Lampiran 9	<i>Hand bor</i> Kedalaman 5 meter Lokasi wilayah sungai Biyongadan sungai Bulato, Dinas PU BWS	L-20
Lampiran 10	Data Bor 100 meter (Pusat Geologi dan Lingkungan, ESDM)	L-23
Lampiran 11	Data <i>Well Logging</i> (Dinas PU BWS Region II Sulawesi)	L-25
Lampiran 12	Parameter Hidrolik Hasil Uji Pompa Tahun 2009 (Dinas PU BWS Region II Sulawesi)	L-26
Lampiran 13.	Foto-Foto Lapangan	L-30
Lampiran 14.	Foto Lapangan Pengukuran Geolistrik	L-33
Lampiran 15	Foto lapangan pengamatan sumur gali	L-34
Lampiran 16.	Foto Lapangan Pengamatan Bidang Sesar dan Mata Air	L-36
Lampiran 17	Foto field check morfologi, struktur litologi dan jenis penggunaan lahan	L-39
Lampiran 18	Hasil Interpolasi Kontur Muka Air tanah	L-40
Lampiran 19	Hasil perhitungan indeks separabilitas ROI Sampel interpretasi jenis penggunaan lahan	L-41
Lampiran 20	Tabel perhitungan K rata-rata tiap penampang 1D titik VES	L-42
Lampiran 21	Klafikasi wilayah penelitian kategori perdesaan dan perkotaan	L-44
Lampiran 22	Perhitungan debit aliran (Q) metode dinamis	L-47