

TUGAS AKHIR

“PENGUJIAN *PUMPING TEST* DI SUMUR X,Y,Z MENGUNAKAN METODE *STEPDRAWDOWN TEST* PADA DAERAH SIGI BIROMARU KABUPATEN SIGI”



**Diajukan Kepada Universitas Tadulako untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Geologi**

Oleh:

MUHMARIE

STB : F 121 16 005

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK GEOLOGI
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TADULAKO
PALU, JUNI 2023**

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

JUDUL TUGAS AKHIR

**PENGUJIAN *PUMPING TEST* DI SUMUR X,Y,Z MENGGUNAKAN
METODE *STEPPED DRAWDOWN TEST* PADA DAERAH SIGI
BIROMARU KABUPATEN SIGI**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

MUH MARIE ELLONG

F 121 16 005

Telah dipertahankan didepan majelis penguji
pada tanggal 27 Juni 2023

Tugas akhir ini telah disetujui oleh Majelis Penguji dan dinyatakan diterima
sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu
Teknik Geologi

Mengesahkan :

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Tadulako


Ir. Andi Arham, S.T., M.Eng., Ph.D.

Nip. 19740323 199903 1 002

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Universitas Tadulako


Dr. Sriyati Ramadhani, S.T., M.T

Nip. 1974120 200003 1 003

HALAMAN PERSETUJUAN

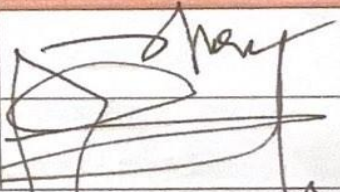
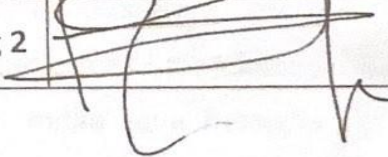
Panitia Ujian Tugas Akhir Program Studi S1 Teknik Geologi Universitas Tadulako yang ditetapkan berdasarkan SK Dekan Fakultas Teknik No. 6972/UN28.6/KP.00.00/2024 Tanggal 27 Juni 2023 menyatakan menyetujui Tugas Akhir yang telah dipertanggungjawabkan di hadapan Majelis Penguji pada Hari Kamis Tanggal 27 Juni 2023 oleh :

Nama : Muh Marie

NIM : F 121 16 005

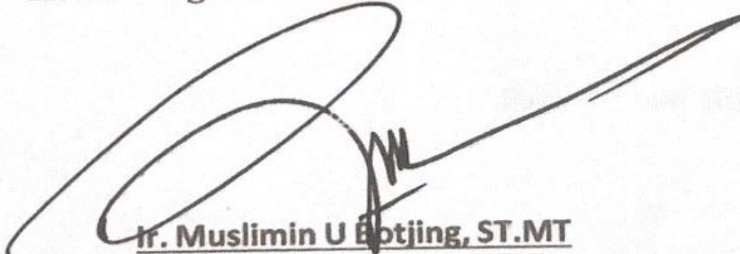
Judul : *Pengujian Pumping Test Di Sumur X,Y,Z Menggunakan Metode Stepdrawdown Test Pada Daerah Sigi Biromaru Kabupaten Sigi*

Dosen Pembimbing :

No	Nama / NIP	Jabatan	Tandatangan
1	<u>Harly Hamad S.T.,M.T.</u> NIP. 19700105 200003 1 002	Pembimbing 1	
2	<u>Dr. Muhammad Aswadi S.T.,M.T.</u> NIP. 19680727199702 1 001	Pembimbing 2	

Palu, 27 Juni 2023

Ketua Program Studi S1 Teknik Geologi


Ir. Muslimin U Botjing, ST.MT
NIP. 197003122000121002

**PERNYATAAN
ORISINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Muh Marie
No. Stb	: F 121 16 005
Program Studi	: S1 Teknik Geologi
Fakultas/Jurusan	: Teknik/ Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan duplikasi dari orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila pada masa mendatang diketahui bahwa pada pernyataan ini tidak benar adanya, maka saya bersedia menerima sanksi yang diberikan dengan segala konsekuensinya.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Palu, 27 Juni 2023

Muh. Marie Ellong

Stb. F 121 16 005

MOTTO

“Dengan Ilmu Hidup Jadi Mudah, Dengan Iman Hidup Jadi Terarah”

PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan sepenuhnya kepada ke dua orang tua tercinta dan seluruh keluarga yang selalu mendoakan saya, memberikan dukungan moral dan materil selama kuliah hingga tahap penyusunan skripsi, sampai penulis menyelesaikan Studi S1 Teknik Geologi.

Kata Pengantar

Bismillahirrahmanirrahim.

Alhamdulillah Rabbil Alamin Puja dan Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkah, rahmat dan izin-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata satu (S1) yang berjudul **“Pengujian *Pumping Test* Di Sumur X,Y,Z Menggunakan Metode *Stepdrawdown Test* Pada Daerah Sigi Biromaru Kabupaten Sigi”**. Shalawat dan Salam senantiasa kita haturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sebagai rasul Allah yang patut dijadikan tauladan dalam kehidupan sehari-hari, semoga Allah SWT memberikan tempat yang sangat mulia di sisih-Nya. Rasa syukur yang tulus juga penulis sampaikan kepada kedua orang tua almarhum Ayahanda Naufal Ellong dan almarhuma Ibunda Soraya Ambarak yang telah membesarkan dan mendidik penulis menjadi pribadi yang selalu berkembang dan jauh lebih baik dari waktu ke waktu.

Selama penyusunan Skripsi ini penulis banyak mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak serta pembelajaran dan masukan yang sangat besar manfaatnya dalam penyelesaiannya, sehingga penulis ingin mempersembahkan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Harly Hamad ST.MT selaku Dosen wali dan Dosen pembimbing dalam skripsi ini yang telah banyak menyalurkan ilmu serta mengarahkan dan membimbing penulis dari awal hingga akhir perkuliahan di Teknik Geologi Universitas Tadulako.
2. Bapak/Ibu Dosen pengajar di Program Studi S1 Teknik Geologi Universitas Tadulako yang telah memberikan banyak ilmu, pengalaman serta nasehat kepada penulis sehingga penulis dapat berkembang ke arah yang jauh lebih baik sejak awal perkuliahan sampai dengan sekarang.
3. Bapak/Ibu Dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan kepada penulis dalam proses penyelesaian Skripsi ini.

4. Teman-teman yang telah memberikan bantuan dalam proses pengambilan data di lapangan dan dalam proses penyusunan laporan.
5. Angkatan „ECLOGITE“ 2016 yang telah banyak berbagi canda tawa serta pengalaman selama dalam perkuliahan.

Sebagai manusia biasa, penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari kesalahan, kekurangan, dan keterbatasan, karenanya penulis mengharapkan adanya masukan dan kritikan yang lebih banyak dan bersifat membangun demi kesempurnaan dari penulisan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat baik secara individu maupun secara umum dan dapat bernilai ibadah disisi Allah SWT. Amin.

Palu, Oktober 2022

Penulis

Muh Marie

**PENGUJIAN *PUMPING TEST* DI SUMUR X,Y,Z MENGGUNAKAN
METODE *STEPPED DRAWDOWN TEST* PADA DAERAH SIGI
BIROMARU KABUPATEN SIGI**

Muh Marie¹ Harly Hamad²
Email : marieellong25@gmail.com

ABSTRAK

Air tanah merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui secara alami, namun waktu pembaharuannya sangat relatif . Dalam memenuhi kebutuhan air tanah pada masyarakat, perlu diupayakan air tanah yang diproduksi dapat secara berkala tersedia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi akuifer dan kapasitas debit air tanah di Daerah Biromaru tepatnya pada Desa Lolu. Metode pengambilan data yang digunakan adalah metode *pumping test long term test* dan metode analisis yang digunakan adalah metode *curve-fitting Neuman* dan *Theis recovery*. Berdasarkan uji sumur dan uji akuifer serta hasil korelasi litologi maka nilai transmisivitas 180,001 m²/hari, storativitas $3,7 \times 10^{-3}$, specific yield $2,56 \times 10^{-2}$, konduktivitas hidrolik 14,572 m/hari dan permeabilitas 16,488 m/hari. Potensi debit air tanah pada daerah penelitian adalah 226,067 cm³/hari. Debit maximum yang tersedia sebesar 146,88 m³/hari, sedangkan debit air tanah yang telah dieksploitasi dari sumur produksi pada daerah penelitian sebanyak $\geq 363.461,28 \text{ m}^3$ yang telah digunakan selama ± 52 minggu sehingga debit pemompaan tidak melebihi debit potensi air tanah.

Kata kunci: hidrogeologi, kapasitas debit, air tanah, *pumping test, stepped drawdown Test*, Biromaru- Sigi.

**HYDROGEOLOGICAL STUDY ON THE CAPACITY OF GROUNDWATER
DISCHARGE USING PUMPING TEST METHOD IN BIROMARU AREA,
SIGI REGENCY**

Muh Marie¹ Harly Hamad²

Email : marieellong25@gmail.com

ABSTRACT

Groundwater is a natural resource that can be renewed naturally, but the time of renewal is very relative. In meeting the needs of groundwater in the community, it is necessary to strive for groundwater produced can be periodically available. The purpose of this study was to aquifer condition and determine the capacity for groundwater discharge in the Biromaru area, precisely in Lolu Village. The data collection method used is the pumping test long-term test method and the analytical method used is the Neuman curve-fitting method and Theis recovery method. Based on the test and aquifer test results of lithological correlation, value of transmissivity 180,001 m²/day, storativity $3,7 \times 10^{-3}$, specific yield $2,56 \times 10^{-2}$, hydraulic conductivity 14,572, permeability 16,488. The potential for groundwater discharge in the study area is between 226,067 cm³/day. The maximum available discharge is 146.88 m³/day, while the groundwater discharge that has been exploited from production wells in the research area is $\geq 363,461.28 \text{ m}^3$ which has been used for ± 52 weeks so that the pumping discharge does not exceed the potential groundwater discharge.

Keywords: hydrogeology, discharge capacity, groundwater, *pumping test*, *stepdrawdown Test Biromaru-Sigi*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR.....	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.6 Lokasi Penelitian.....	3
1.7 Peneliti Terdahulu	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian	6
2.2 Geomorfologi Regional.....	6
2.3 Stratigrafi Regional	6
2.4 Struktur Geologi Regional.....	9
2.5 Landasan Teori	9
2.5.1 Air Tanah.....	9
2.5.2 Siklus Hidrogeologi (Hidrologi Air Tanah).....	11
2.5.3 Pergerakan Air Tanah	13
2.5.4 Metode <i>Pumping Test</i> (Pompa Uji).....	15
2.5.5 Sifat Fisik Akuifer	18
<i>Storativity (S)</i>	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian	27
3.2 Tahapan Penelitian.....	27
3.3 Tahap Persiapan	27

3.4 Tahap Pengambilan Data.....	29
3.5 Tahap Analisis Data	30
3.6 Tahap Penyusunan Laporan.....	31
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Geologi Daerah Penelitian.....	33
4.2 Data Pengamatan/Pengukuran	34
4.3 Hasil Pengolahan Data	35
4.3.1 Pumping Test	35
4.3.2 Recovery.....	53
4.3.3 Testpit.....	59
4.3.4 Penggunaan Air Tanah	62
BAB V PENUTUP	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Lama pompa uji untuk berbagai keperluan (Hazel, 1977)	22
Tabel 4. 1 Data pemompaan <i>step drawdown test</i> pada well 1	36
Tabel 4. 2 Nilai <i>ploting curve-fitting Neuman</i> $W(u_A, \beta)$	39
Tabel 4. 3 Nilai <i>ploting curve-fitting Neuman</i> $W(u_B, \beta)$	39
Tabel 4. 4 Data pemompaan <i>StepDrawDown</i> pada well 2.....	42
Tabel 4. 5 Nilai <i>ploting curve-fitting Neuman</i> $W(u_A, \beta)$	45
Tabel 4. 6 Nilai <i>ploting curve-fitting Neuman</i> $W(u_B, \beta)$	45
Tabel 4. 7 Data pemompaan <i>StepDrawDown</i> pada well 3.....	47
Tabel 4. 8 Nilai <i>ploting curve-fitting Neuman</i> $W(u_A, \beta)$	50
Tabel 4. 9 Nilai <i>ploting curve-fitting Neuman</i> $W(u_B, \beta)$	51
Tabel 4. 10 Data <i>recovery well</i> 1.....	53
Tabel 4. 11 Data <i>recovery well</i> 2.....	54
Tabel 4. 12 Data <i>recovery well</i> 3.....	55
Tabel 4. 13 Penggunaan air tanah pada sumur pengambilan data.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Daerah Penelitian skala 1:15.000.....	4
Gambar 2. 1 Peta Geologi Tinjau Lembar Palu (Sukanto, 1973)	6
Gambar 2. 2 Kondisi keterdapatan air tanah (Plummer dan Geary,1995) ..	10
Gambar 2. 3 siklus hidrologi (https://zainalrendra.blogspot.com/siklus-hidrologi-beserta-gambarnya)	13
Gambar 2. 4 Pergerakan Air tanah(Enviroment Canada, USGS,2018).....	15
Gambar 2. 5 Tipe Akuifer.....	16
Gambar 2. 6 Perlapisan Batuan Multi Layer Atau Interbedded	17
Gambar 2. 7 Akuifer Air Tanah	17
Gambar 2.8 Pori-Pori, Celah dan Rekahan dalam Batuan.....	18
Gambar 2. 9 Sistim porositas dalam batuan : A : porositas Tunggal, B : Porositas Retakan Mikro, C : Porositas Ganda.....	18
Gambar 2. 10 Nilai Porositas dan Parameter Lain dalam Batuan (Dikutip Dari Delleur,J. (1999)).....	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 4. 1 Kenampakan bentang alam dataran denudasional.....	34
Gambar 4. 2 (A) Sumur amat. (B) Sumur <i>pumping</i>	35
Gambar 4. 3 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan penurunan muka air tanah (<i>drawdown</i>).....	38
Gambar 4. 4 <i>Overlay</i> antara kurva lapangan $W(u_A, \beta)$ dan <i>curve-fitting</i> <i>Neuman</i> (Kruseman dan Ridder, 1994).....	40
Gambar 4. 5 <i>Overlay</i> antara kurva lapangan $W(u_A, \beta)$ dan <i>curve-fitting</i> <i>Neuman</i> (Kruseman dan Ridder, 1994).....	40
Gambar 4. 6 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan penurunan muka air tanah (<i>drawdown</i>).....	45
Gambar 4. 7 <i>Overlay</i> antara kurva lapangan $W(u_A, \beta)$ dan <i>curve-fitting</i>	

<i>Neuman</i> (Kruseman dan Ridder, 1994)	46
Gambar 4. 8 <i>Overlay</i> antara kurva lapangan $W(u_B, \beta)$ dan <i>curve-fitting</i>	
<i>Neuman</i> (Kruseman dan Ridder, 1994)	46
Gambar 4. 9 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan penurunan muka air tanah (<i>drawdown</i>)	50
Gambar 4. 10 <i>Overlay</i> antara kurva lapangan $W(u_A, \beta)$ dan <i>curve-fitting</i>	
<i>Neuman</i> (Kruseman dan Ridder, 1994)	51
Gambar 4. 11 <i>Overlay</i> antara kurva lapangan $W(u_A, \beta)$ dan <i>curve-fitting</i>	
<i>Neuman</i> (Kruseman dan Ridder, 1994)	51
Gambar 4. 12 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan kenaikan muka air tanah pada <i>well 1</i>	56
Gambar 4. 13 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan kenaikan muka air tanah pada <i>well 2</i>	56
Gambar 4. 14 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan kenaikan muka air tanah pada <i>well 3</i>	57
Gambar 4. 15 Penampang Testpit Sumur Pengamatan 1 Desa Loli	60
Gambar 4. 16 Penampang Testpit Sumur Pengamatan 1 Desa Loli	61
Gambar 4. 17 Penampang Testpit Sumur Pengamatan 1 Desa Kalukubula	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup di permukaan bumi. Dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat, sumber daya air telah menjadi salah satu kekayaan yang sangat penting. Air sebagai sumber daya yang berharga sekaligus dapat juga menjadi bahaya apabila berlebihan. Air dibutuhkan manusia untuk memenuhi berbagai macam kebutuhan hidup. Pemanfaatannya tidak sekedar hanya untuk keperluan air minum dan rumah tangga, tetapi sudah meluas disemua aspek kehidupan meliputi pertanian, perkebunan, perumahan, industri, pertambangan, pariwisata, dan lain-lain. Air bahkan sudah merupakan komoditas yang diperdagangkan, tidak terbatas untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, tetapi juga diekspor ke negara lain untuk memperoleh keuntungan ekonomi. (Suyono S dan Takeda K, 2006).

Air tanah bisa didapatkan dari suatu akuifer yaitu berupa suatu unit batuan yang dapat menghasilkan air, selanjutnya dapat digunakan untuk sumur atau mata air (Heath, 1987). Tercatat dalam Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sigi pada tahun 2021 diketahui penduduk Kabupaten Sigi berjumlah 239.42 ribu jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk dari tahun 2015-2020 sebesar 1,07%. Terkhusus pada daerah penelitian yaitu Kecamatan Sigi Biromaru berjumlah 47,71 ribu jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk dari tahun 2015-2020 sebesar 1,06%. Berdasarkan data di atas diketahui pada tiap tahun jumlah penduduk terus meningkat sehingga kebutuhan akan air bersih juga semakin tinggi. Akan tetapi dengan melihat cadangan air tanah yang terbatas dan membutuhkan waktu pembaruan (*recharge*) yang berlangsung cukup lama maka perlu diketahui kapasitas debit air tanah sehingga menjadi batasan dalam pengambilan air tanah agar tidak berlebihan. Daerah penelitian terletak pada perbatasan Desa Lolu dan Desa Kalukubula Kecamatan Sigi Biromaru

Kabupaten Sigi.

Hal yang mendasari peneliti mengambil lokasi penelitian pada daerah ini berawal dari permasalahan masyarakat sekitar daerah ini yang mengeluhkan tentang berkurangnya debit air tanah semenjak gempa yang terjadi pada 28 september 2018, beberapa masyarakat yang memiliki kebun harus membuat sumur baru yang dikarenakan pada sumur lama debit air tanah yang dikeluarkan sangat kecil. Pada daerah ini 25% dari luas daerah merupakan lahan perkebunan yang masih aktif dikelola.

Dalam memenuhi kebutuhan air tanah pada masyarakat, perlu diupayakan air tanah yang dapat diproduksi secara berkala dan tersedia. Untuk itu pada eksplorasi air tanah, salah satu hal penting adalah untuk mengetahui karakteristik akuifer. Berdasarkan permasalahan di atas maka penulis melakukan Pengujian *Pumping Test* Di Sumur X,Y,Z Menggunakan Metode *Stepdrawdown Test* Pada Daerah Sigi Biromaru Kabupaten Sigi. Metode *pumping test* dipilih agar dapat menghitung serta menganalisa kemampuan sumur untuk menghasilkan air pada sumur yang akan di gunakan untuk perkebunan, metode ini juga banyak digunakan oleh para peneliti terdahulu untuk menyelidiki kondisi akuifer dari air tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan atas latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi akuifer air tanah pada daerah penelitian?
2. Bagaimana perkiraan debit optimum pada daerah penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kondisi akuifer air tanah pada daerah penelitian.
2. Mengetahui perkiraan debit optimum pada daerah penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Dapat mengendalikan besarnya debit air tanah yang di eksploitasi.
2. Menentukan kelayakan sumur untuk terpenuhinya kebutuhan perkebunan dan pertanian pada daerah penelitian.

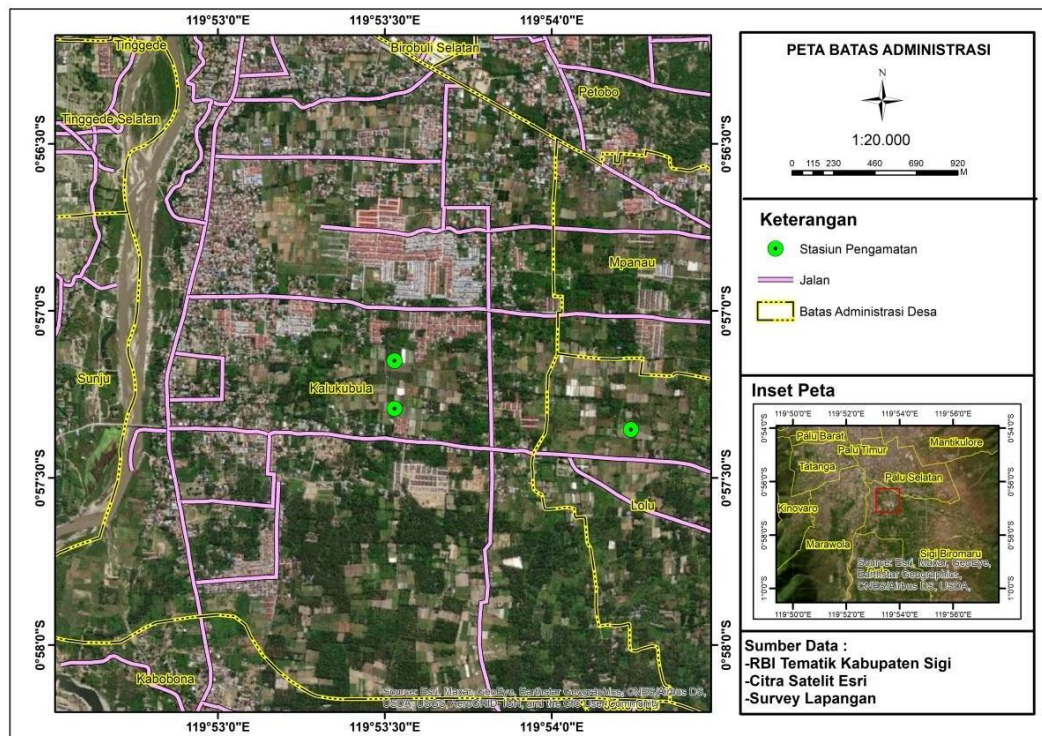
1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup pada penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan pada perbatasan Desa Lolu dan kalukubula Kecamatan Sigi Biromaru Kabupaten Sigi. Pengambilan data dilakukan pada 3 titik sumur warga.
2. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi akuifer air tanah serta mencari kuantitas air tanah berupa kapasitas debit air tanah pada daerah penelitian.
3. Penelitian dilakukan menggunakan metode *pumping test*. Kemudian pada penelitian ini pengujian pemompaan dilakukan dengan pemompaan debit bertingkat (*Stepdrawdown test*).
4. Data primer yang digunakan yaitu data hasil pengukuran *pumping test* berupa *drawdown test* dan *recovery test* dan *testpit*. Analisis data *drawdown test* menggunakan metode *curve-fitting Neuman*, analisis data *recovery test* menggunakan *Theis recovery*.
5. Hasil pengolahan data *pumping test* berupa data transmisivitas (T), storativitas (s) dan konduktivitas hidrolik (K).

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administrasi terletak pada Kecamatan Biromaru Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah, terletak di bagian selatan pusat kota Palu yang ditempuh dengan jarak ± 10 km dari kota Palu. Kesampaian daerah dapat ditempuh dengan kendaraan roda dua dan roda empat dengan kondisi jalan beraspal buruk akibat gempa yang terjadi 28 september 2018 pada ruas jalan poros Palu-Sigi dan bisa ditempuh dalam waktu \pm setengah jam perjalanan.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Daerah Penelitian skala 1:15.000

1.7 Peneliti Terdahulu

Penelitian terkait studi hidrogeologi terhadap kapasitas debit air tanah menggunakan metode pumping test telah diteliti oleh para ahli terdahulu.

Berikut penelitian terdahulu yang membantu penulis dalam melakukan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Sukamto. R., 1973. Peta Geologi Tinjau Lembar Palu, Sulawesi, 1:250.000.
2. Sudarsono. U., 1998. Prosedur Pompa Uji.
3. Zeffitni. 2013. Identifikasi Kerentanan Air tanah (Groundwater Vulnerability)

Cekungan Air tanah Palu Melalui Penentuan Kualitas Relative Dan Tipe Hidrokimia Dengan Pendekatan Geomorfologi dan Geologi.

4. Melvin. A., 2016. Skripsi Tugas Akhir. Analisis Parameter Akuifer Berdasarkan

Data Uji Pompa Pada Daerah Gatot Subroto dan Bangka Raya Provinsi DKI Jakarta.

5. Harjito. 2014. Metode Pumping Test Sebagai Kontrol Untuk Pengambilan Air tanah Secara Berlebihan.
6. Luknanto. D., 1998. Pelatihan Regional Drainase, Filtrase dan Geoteknik. Aliran air dalam media Porus.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

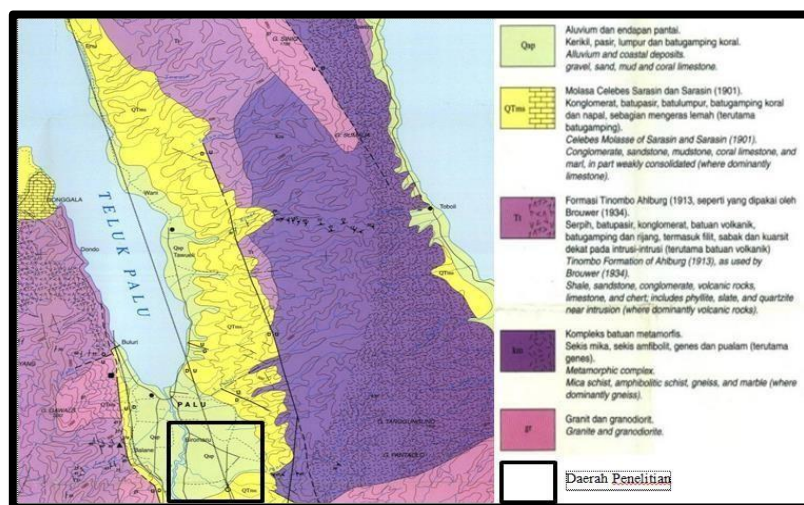
Secara regional daerah penelitian masuk pada Peta Geologi Tinjau Lembar Palu yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi oleh Rab. Sukamto (1993).

2.2 Geomorfologi Regional

Pulau Sulawesi mempunyai luas sekitar 172.000 km², dan bila digabung dengan pulau-pulau kecil di sekitarnya kira-kira 188.000 km². Bentuknya menyerupai huruf K dengan empat cabang atau lengan yang sempit, dipisahkan oleh teluk-teluk yang dalam, dan menyatu di bagian tengah pulau (Sukamto, 1973).

Geomorfologi Regional secara fisiografi daerah Palu terdiri dari pematang timur dan pematang barat, kedua-duanya berarah Utara-Selatan dan terpisahkan oleh Lembah Palu (Fossa Sarassina). Pematang Barat di dekat Palu hingga lebih dari 200 meter tingginya, tetapi di Donggala menurun hingga muka air laut. Pematang timur dengan tinggi puncak dari 400 meter hingga 1.900 meter, dan menghubungkan pegunungan Sulawesi Tengah dengan Lengan Utara (Sukamto, 1973)

2.3 Stratigrafi Regional



Gambar 2. 1 Peta Geologi Tinjau Lembar Palu (Sukamto, 1973)

Secara regional daerah penelitian terdiri atas Kompleks Metamorf (Km), Formasi Tinombo (Tts), *Molasa Celebes Sarasin* (Tmc), Alluvium dan Endapan Pantai (Qal), dan Batuan Intrusi (Sukanto, R. 1973). Dibawah ini akan diuraikan dari formasi yang berumur tua ke muda pada lokasi penelitian.

- 1. Kompleks Metamorf (Km)** dan tersingkap hanya pada pematang timur yang merupakan intinya. Kompleks itu terdiri dari Sekis Ampibolit, Sekis, Genes, dan Pualam. Sekis terdapat banyak di Sisi Barat. Sedangkan Genes dan Pualam terdapat banyak di Sisi Timur. Tubuh-tubuh intrusi tak terpetakan, umumnya selebar kurang dari 50 meter, menerobos kompleks Batuan Metamorf, dengan berjangka dari Diorit hingga Granodiorit. Umum metamorfisme tak diketahui, tetapi boleh jadi Pra-Tersier. Brouwer (1947) berpendapat, bahwa Sekis yang tersingkap di seantero Sulawesi berumur *Paleozoikum*.
- 2. Formasi Tinombo Ahlburg (Tts) (1913)** menindih kompleks metamorf secara tidak selaras. Di dalamnya terkandung rombakan yang berasal dari Batuan Metamorf. Endapan ini terutama terdiri dari Serpih, Batupasir, Konglomerat, Batugamping, Rijang, Radiolaria, dan Batuan Gunungapi yang diendapkan di dalam lingkungan laut. Di dekat intrusi terdapat sabak dan batuan terkarsikan, dan lebih dekat pada persentuhan terbentuk filit dan kuarsit. Bagian barat pematang barat mengandung lebih banyak batupasir rijang daripada tempat lain. Diabas, spilit, dan andesit di selatan Donggala dan di selatan Kasimbar dipetakan dengan endapan itu. Rombakan batuan gunungapi biasa terdapat di dalam batupasirnya. Batugamping diamati hanya sebagian lapis-lapis tipis dalam rangkaian sedimen tersebut. Umur fosil-fosil terakhir pada satuan ini adalah Eosen Tengah hingga Atas. Batuan-batuan ini serupa dengan formasi Tinombo yang menyerupai flysch yang telah diberikan oleh Bouwer (1934), dikira-kira 55 kilometer sebelah timur laut Labuan Bajo. Intrusi-intrusi kecil yang diuraikan diatas juga menerobos endapan ini.
- 3. Molasa Celebes Sarasin (Tmc) (1901)** menurut Sarasin (1901), batuan ini terdapat pada ketinggian lebih rendah pada sisi-sisi kedua pematang, menindih secara tidak selaras Formasi Tinombo dan Kompleks Metamorf, mengandung rombakan yang berasal dari formasi-formasi yang lebih tua, dan terdiri dari Konglomerat, Batupasir, Batulumpur, Batugamping, Koral dan Napal yang semuanya hanya mengeras lemah.

Di dekat kompleks Batuan Metamorf pada bagian Barat Pematang Timur endapan itu terutama dari Bongkah-bongkah kasar dan agaknya di endapkan di dekat sesar. Batuan-batuan itu ke arah laut beralih jadi batuan klastika berbutir halus. Di dekat Donggala sebelah Utara Enu dan sebelah Barat Labean batuannya terutama terdiri dari Batugamping dan Napal dan mengandung *Operculina sp.*, *Cycloclypeus sp.*, *Rotalia sp.*, *Orbulins Universa.*, *Amphistegina sp.*, *Miliolidae*, *Globigerina*, *foraminifera* Pasiran, Ganggang Gamping, *pelesipoda* dan *gastropoda*. Sebuah contoh yang dipungut dari Tenggara Laebago selain fosil-fosil tersebut juga mengandung *Miogysina sp.* dan *Lepidocyline sp.* yang menunjukkan umur Miosen (pengenalan oleh Kadar, Direktorat Geologi). Foram tambahan yang dikenali oleh Socal meliputi *Planorbulina sp.*, *Solenomeris sp.*, *Textularia sp.*, *Siroclypeus sp.*, *Lethoporella* dan *Amphiroa*. Socal mengirakan bahwa fauna- fauna tersebut menunjukkan umur Miosen Tengah, dan pengendapannya di dalam laut dangkal. Pada kedua sisi Teluk Palu, dan kemungkinan juga di tempat lain, endapan sungai Kuarter juga dimasukan kedalam satuan ini.

4. **Alluvium dan Endapan Pantai (Qal)**, berupa kerikil, pasir, lumpur dan batu gamping koral terbentuk dalam lingkup sungai, delta dan laut dangkal merupakan sedimen di daerah ini. Endapan itu boleh jadi seluruhnya berumur Holosen. Di daerah dekat Labean dan Tambu terumbu koral membentuk bukit-bukit rendah.
5. **Batuan Intrusi** telah diamati beberapa generasi intrusi, dimana yang tertua ialah Andesit dan Basal kecil-kecil di semenanjung Donggala. Intrusi-intrusi ini mungkin merupakan saluran-saluran batuan vulkanik di dalam Formasi Tinombo. Intrusi-intrusi kecil (selebar 50 meter) yang umumnya terdiri dari Diorit, Diorit Porfiri dan Granodiorit menerobos Formasi Tinombo. Yakni sebelum endapan Molasa, dan tersebar luas di seluruh daerah. Semuanya tak terpetakan, Granit dan Granodiorit yang telah dipetakan tercirikan oleh Fenokris Feldspar Kalium sepanjang hingga 8 cm. Penanggalan Kalium/Argon telah dilakukan contoh oleh Gulf Oil Company terhadap dua contoh Granodiorit di daerah ini. Intrusi yang tersingkap di antara Palu dan Donggala memberikan penanggalan 31.0 juta tahun (Oligosen) pada Analisa kadar K/Ar dari Feldspar. Yang lainnya adalah suatu intrusi yang tidak dipetakan terletak kira-kira 15 km Timur Laut dari Donggala, tersingkap dibawah koral Kuarter, memberikan penanggalan 8,6 juta tahun pada analisa K/Ar dari biotit.

2.4 Struktur Geologi Regional

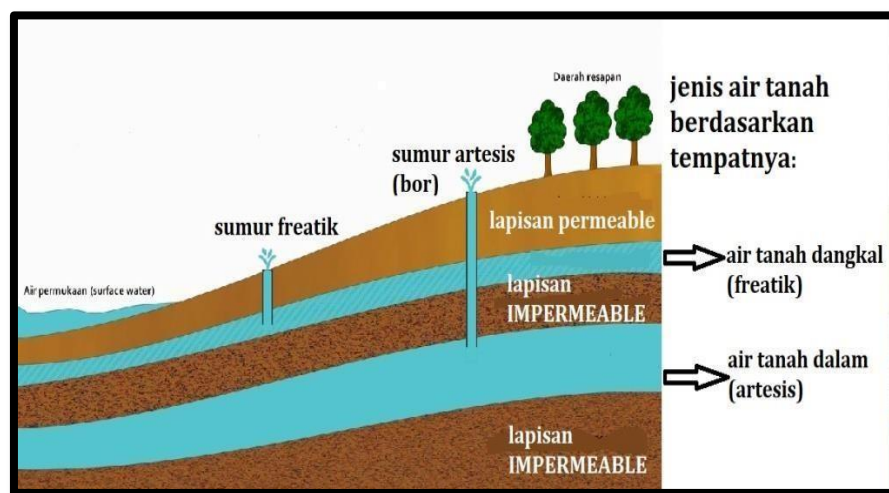
Berdasarkan data tektonisme daerah penelitian menunjukkan pengaruh yang cukup kuat dari pola sesar mendatar mengiri Palu – Koro yang berarah barat laut – tenggara beserta antitetiknya yang berarah barat – timur. Sesar Palu – Koro merupakan sesar utama di Sulawesi Tengah, dijumpai memanjang dengan arah hamper utara – selatan mulai dari Donggala di ujung Teluk Palu hingga Teluk Bone. Secara keseluruhan sesar ini panjangnya kurang lebih 250 km. Struktur-struktur sesar terlihat jelas dari bentuk bentang alam gawir berfaset segitiga dengan kipas alluvium berjajar dengan arah barat – timur. Selain itu dijumpai indikasi lain berupa breksi sesar, milonit serta gores garis. Selain sesar berarah barat – timur dan barat daya – timur laut dengan gerak geser dan turun (Soehaimi, 1985).

2.5 Landasan Teori

2.5.1 Air Tanah

Menurut Todd (1995), air tanah adalah air yang bergerak di Air tanah merupakan semua air yang berada di bawah permukaan tanah pada zona jenuh air (zone of saturation). Awal mula terbentuknya air tanah yakni dari siklus hidrologi, dimana jutaan tetes air kecil yang sangat ringan tersusun membentuk awan, sehingga tetesan ini melayang di udara dan terangkat oleh aliran udara hangat yang berasal dari darat, hingga kemudian berubah menjadi air hujan yang jatuh ke bumi. Air hujan tersebut meresap dan tersimpan di bawah permukaan tanah, yang kemudian bergerak secara vertikal akibat dari pengaruh gaya gravitasi hingga menembus lapisan-lapisan dibawah tanah sampai zona jenuh dan akhirnya tersimpan pada lapisan batuan pembawa air yang disebut akuifer. Ada bermacam-macam jenis air tanah. Pertama air tanah menurut letaknya, dibedakan menjadi dua macam yaitu air tanah permukaan/dangkal (freatik/shallow groundwater) dan air tanah dalam (deep groundwater).

Menurut Todd (1995), air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer. Lapisan yang mudah dilalui oleh air tanah disebut lapisan permeabel, sedangkan lapisan yang sulit dilalui air tanah disebut lapisan impermeabel. Menurut Birkeland dalam Taylor (2005), tanah (soil) adalah badan alam (*natural body*) yang terdiri dari beberapa lapisan (*soil horizons*) yang berasal dari unsur pokok mineral dengan kedalaman bervariasi yang berbeda dengan material inti dalam morfologi, fisik, kimia dan karakteristik mineralogi. Air tanah dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu; Air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal adalah air tanah yang terletak di atas lapisan batuan yang tidak tembus (kedap) air, dan air tanah dangkal ini sering disebut air tanah *freatik* dan letaknya tidak begitu dalam. Sedangkan air tanah dalam adalah air tanah yang terletak diantara dua lapisan batuan yang tidak tembus (kedap) air, biasa disebut dengan air tanah *artesis* dan letaknya lebih dalam dibandingkan air tanah (Soekamto, 1995).



Gambar 2. 2 Kondisi keterdapatn air tanah (Plummer dan Geary, 1995)

Proses adhesi antara air maupun tanah dan juga proses kohesi antara molekul-molekul air, serta gaya gravitasi yang bekerja pada air akan mempengaruhi kadar pada air tanah tersebut (Murti Laksono, 2004). Sumber utama air tanah adalah air hujan yang masuk melalui infiltrasi ke dalam tanah. Air hujan yang jatuh ke tanah akan meresap ke dalam tanah dan menjadi bagian dari air tanah, tetapi terkadang juga mengalir ke laut maupun mengalir di permukaan dan bergabung dengan aliran sungai. Banyaknya air yang meresap juga dipengaruhi oleh kecuraman lereng, kondisi material permukaan tanah dan jenis serta banyaknya vegetasi pada permukaan tanah. Air yang tidak tertahan

dekat permukaan akan menerobos ke bawah sampai zona dimana seluruh ruang terbuka pada sedimen atau batuan terisi air (jenuh air). Air dalam zona saturasi (*zone of saturation*) ini dinamakan air tanah (*ground water*). Batas atas zona ini disebut muka air tanah (*water table*). Lapisan tanah, sedimen atau batuan di atasnya yang tidak jenuh air disebut zona aerasi (*zone of aeration*) (Prastistho. dkk, 2018). Selain dari air hujan air tanah dapat juga berasal dari dalam tanah meskipun jumlahnya relatif sedikit. Menurut Todd (2005) sumber tersebut meliputi:

1. *Connate water* yaitu air yang terperangkap dalam lapisan tanah yang terjadi pada proses pengendapan.
2. Air meteorik adalah air yang keluar pada proses batuan mengalami metamorfosa.
3. Air magma atau plutonik yaitu merupakan air rejuvenil yang berasal dari aktivitas magma.
4. Air marin adalah air yang berasal dari laut yang menerobos ke akuifer karena faktor-faktor tertentu.

Sumber air tanah bergerak dengan 3 proses fisik di dalam tanah, yaitu melalui pemasukan, transmisi, dan penyimpanan. Air yang bergerak melalui pemasukan dikenal dengan infiltrasi, terjadi pada permukaan tanah. Transmisi adalah perkolasi yang terjadi secara vertikal dan horizontal pada seluruh bagian lapisan tanah. Sedangkan penyimpanan dapat terjadi pada setiap profil tanah dan ditunjukkan dengan naiknya kadar air tanah atau biasa disebut *soil moisture content* (Indarto, 2012).

2.5.2 Siklus Hidrogeologi (Hidrologi Air Tanah)

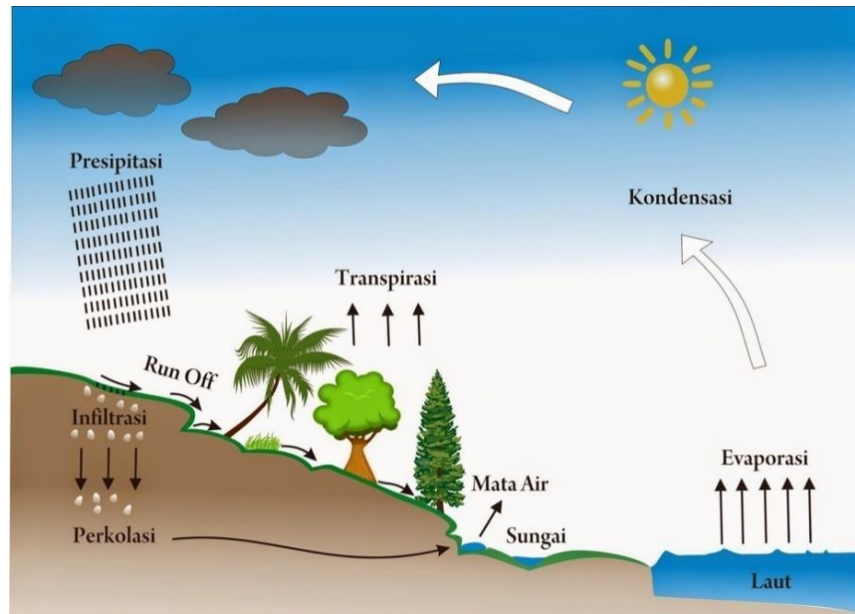
Hidrogeologi (hidrologi air tanah) adalah cabang hidrologi yang berhubungan dengan air tanah dan didefinisikan sebagai ilmu tentang keterdapatannya, penyebarannya dan pergerakan air di bawah permukaan bumi (Chow, 1988). Hidrogeologi mempunyai makna yang sama akan tetapi penekanannya lebih besar dalam aspek ke Geologian (Todd, 1980). Oleh karena itu uraian tentang air tanah tidak akan lepas dari ilmu hidrologi, mulai dari kejadian air tanah, pergerakan air tanah dan sampai mencapai lajur jenuh di dalam akuifer serta pelepasannya di permukaan tanah.

Air merupakan bagian terpenting untuk keberlangsungan hidup bumi, keberadaannya sangat berlimpah di permukaan bumi. Air juga berfungsi sebagai faktor penting untuk mengatur iklim bumi serta untuk memenuhi segala kebutuhan hidup manusia dan

mahluk hidup lainnya yang berada di bumi (Indarto, 2012). Jumlah air yang terdapat di bumi berdasarkan siklus hidrologi adalah 1,386 milyar km³, sebagian besarnya terdapat di laut yaitu sebesar 96,5%; 1,7% berupa es di kutub, 1,7% sebagai air tanah dan hanya 0,1% merupakan air permukaan dan air di atmosfer (Chow, 1988). Pergerakan air di bumi dalam ilmu pengetahuan disebut dengan siklus Hidrologi. Siklus hidrologi merupakan proses peredaran, penyebaran air yang terjadi secara berkelanjutan dari bumi ke atmosfer lalu turun ke bumi lagi (Triatmodjo, 2014). Pergerakan siklus hidrologi terjadi di darat, di laut, di udara, dan termasuk yang terdapat di dalam bumi. Dalam siklus hidrologi, air yang turun ke bumi mengalami beberapa proses pembentukannya, antara lain (Suparmoko, 2008):

1. Air yang jatuh melalui hujan, salju, embun, akan membentuk danau dan sungai kemudian segera menguap kembali ke udara (evaporasi).
2. Kemudian melalui proses hidup tumbuh-tumbuhan dan kembali menguap ke atmosfer melalui penguapan dari daun (transpirasi).
3. Salju yang jatuh di pegunungan akan tersimpan di permukaan sampai mencair kembali kemudian terinfiltrasi ke dalam tanah.
4. Air yang mengalir di permukaan tanah kemudian sebagian masuk ke dalam tanah membentuk persediaan air di bawah tanah (aquifer).
5. Sebagian dari air yang mengalir di permukaan tanah dapat mengalir langsung sebagai limpasan di atas tanah kemudian masuk ke badan air.
6. Air dapat terperangkap dalam bentuk es di kutub es atau di sungaies (gletser).

Proses pergerakan air dimulai dari penguapan air permukaan ke atmosfer yang disebut proses evaporasi, dan proses penguapan dari tumbuhan dinamakan proses transpirasi sehingga penguapan air dari keduanya disebut sebagai proses evapotranspirasi (Todd, 2005). Uap air yang terbentuk dari proses evaporasi, transpirasi dan evapotranspirasi tersebut akan membentuk awan setelah mencapai temperatur titik kondensasi (pengembunan) dan jatuh ke permukaan bumi sebagai presipitasi baik itu dalam bentuk hujan, salju, embun. Sebagian air hasil presipitasi mengalir sebagai limpasan melalui berbagai bentuk badan air seperti sungai, danau, rawa dan kemudian masuk ke laut. Sebagian air yang lain mengalami infiltrasi dan perkolasi membentuk aliran bawah permukaan menjadi aliran tanah. Dengan berbagai cara akhirnya air tanah mengalir menuju laut (Oktonavrilna, 2009).



Gambar 2. 3 siklus hidrologi (<https://zainalrendra.blogspot.com/siklus-hidrologi-beserta-gambarnya>)

Berdasarkan penjelasan mengenai siklus hidrologi tersebut, diketahui bahwa presentase air yang ada di bumi akan selalutetap. Namun seiring berjalannya waktu hal tersebut dapat berdampak negatif pada keberadaan air apabila telah terjadi perubahan pada siklus hidrologi. Kurangnya daerah resapan air juga dapat berdampak negatif terhadap keberadaan air tanah (Octonovrilna, 2009).

2.5.3 Pergerakan Air Tanah

Dua fungsi akuifer yang utama adalah menyimpan dan mengirimkan air. Air tanah disalurkan melalui akuifer sepanjang gradien hidrolis dari daerah dataran tinggi ke daerah dataran rendah karena adanya gaya gravitasi, pada umumnya (untuk akuifer terkekang) sesuai dengan kemiringan permukaan tanah. Sangat penting bagi perencana dan bagi masyarakat yang memiliki sumur untuk memahami konsep ini. Kondisi geologi (jenis dan urutan batuan) di bawah permukaan dapat memiliki kontrol besar pada arah dan laju aliran air tanah. Pergerakan air tanah sangat lambat dibandingkan dengan permukaan air. Aliran permukaan air biasanya diukur dalam liter per detik (lt/det) dan aliran air tanah dalam liter per tahun (liter/tahun). Sebagian besar air dalam sebuah akuifer merembes ke dalam tanah dalam radius beberapa puluh km dari tempat yang digunakan oleh sumur atau dibuang ke permukaan tanah. Kecuali untuk beberapa

akuifer sangat mendalam, tanah tidak berjalan untuk puluhan km. Setelah memasuki akuifer, air bergerak ke gradien yang rendah dengan gravitasi, untuk merembes ke mata air, sungai, atau sumur. Seperti disebutkan di atas, air tanah mengalir dalam menggunakan energi gradien-bergerak atau mengalir dari energi tinggi atau ke energi rendah. Hal ini terdiri dari dua bagian: tekanan tinggi yang menghasilkan kolom air di atas interval terbuka dalam sumur, dan elevasi ketinggian. Pergerakan air tanah merupakan kunci untuk mengetahui, mendeteksi dan menentukan banyak atau tidak kandungan air di daerah tersebut. Penyebaran potensi air tanah alami yang baik tidak dapat dijumpai di seluruh tempat (Lubis, 2010). Hal ini disebabkan faktor ulah manusia dan faktor alam yang dipengaruhi adanya curah hujan (sehingga resapan air tanah menjadi sedikit), jenis tanah, topografi, dan lainnya.

$$Q = K \cdot I \cdot A$$

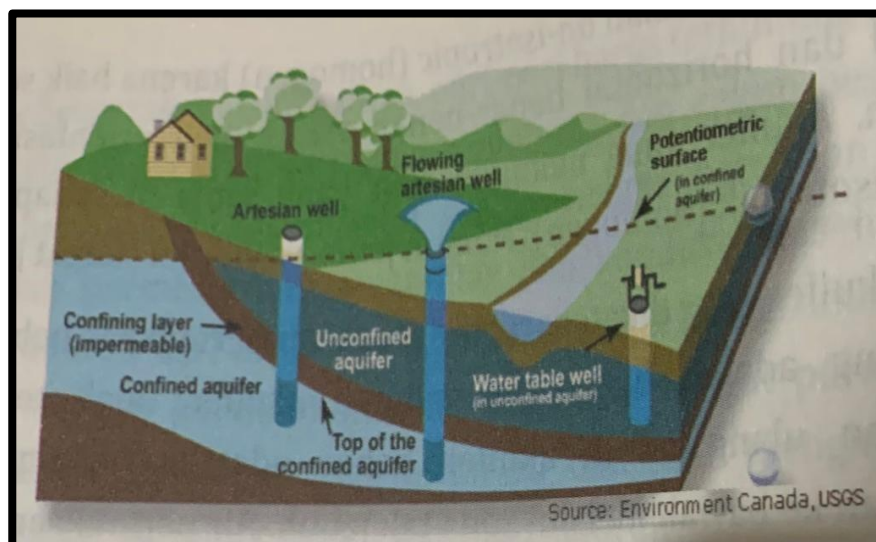
Keterangan: Q = debit air yang mengalir melalui potongan tanah seluas A cm².

A = penampang dari saluran air.

K = koefisien konduktivitas.

I = Gradient potensial kapiler dan gradient gravitasi

Pengukuran muka air dalam sumur menekan sebuah akuifer bebas digunakan untuk membangun peta kontur air permukaan. Peta ini membantu ahli hidrogeologi menentukan resapan air tanah, gerakan, dan debit. Air tanah biasanya mengikuti jalur yang tegak lurus dengan kontur air permukaan dan disebut sebagai aliran garis.



Gambar 2. 4 Pergerakan Air tanah(Enviroment Canada, USGS,2018)

Besaran k (koefisien konduktivitas) tergantung pada jenis tanah, kelembaban tanah dan tegangan tanah. Adapun persamaan dasar aliran air tanah adalah sebagai berikut:

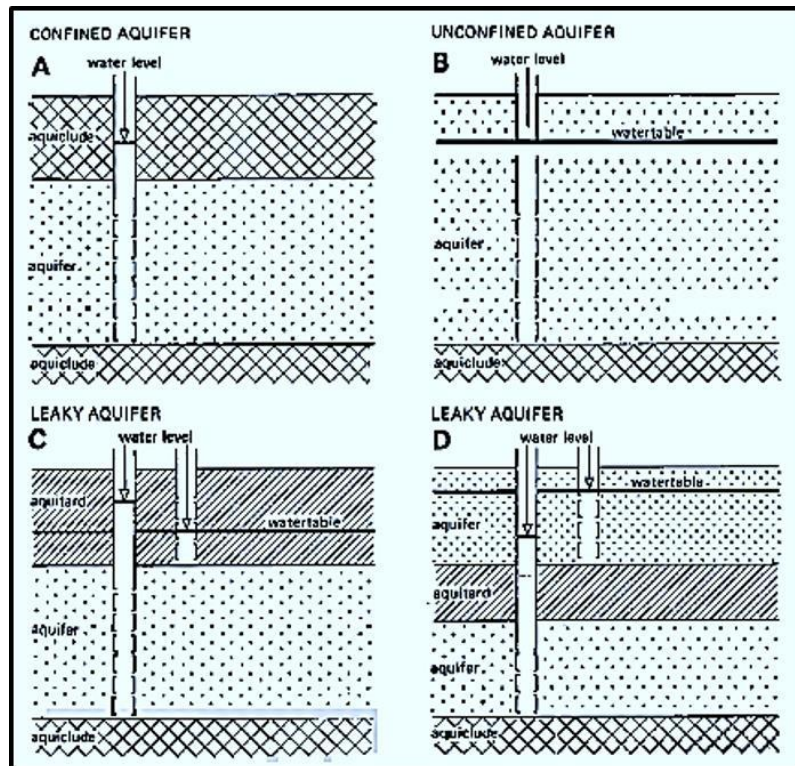
2.5.4 Metode *Pumping Test* (Pompa Uji)

Pumping test atau uji pemompaan, sangat berguna untuk menentukan debit, transmissivitas, permeabilitas, kapasitas jenis dan koefisien daya simpan (SUHARYADI, 1993)

2.5.4.1 Tipe-tipe Akuifer

- Akuifer Bebas atau Akuifer Tidak Tertekan (*Unconfined Aquifer*) Adalah air tanah dalam akuifer tertutup lapisan impermeable, dan merupakan akuifer yang mempunyai muka air tanah. *Unconfined Aquifer* adalah akuifer jenuh air (*saturated*). Lapisan pembatasnya merupakan aquitard yang hanya berada pada bagian bawahnya dan tidak ada pembatas aquitard di lapisan atasnya, batas di lapisan atas berupa muka air tanah. Permukaan air tanah di sumur dan air tanah bebas adalah permukaan air bebas, jadi permukaan air tanah bebas adalah batas antara zona yang jenuh. Akuifer jenuh disebut juga sebagai *phreatic aquifer*, *non artesian aquifer* atau *free aquifer*.
- Akuifer Tertekan (*Confined Aquifer*) adalah suatu akuifer dimana air tanah terletak di bawah lapisan kedap air (*impermeable*) dan mempunyai tekanan lebih besar daripada atmosfer, karena *confined aquifer* merupakan akuifer yang jenuh air yang dibatasi oleh lapisan kedap air atas dan bawahnya.
- Akuifer Bocor (*Leaky Aquifer*) Akuifer bocor dapat didefinisikan suatu akuifer dimana air terkekang di bawah lapisan yang setengah kedap air sehingga akuifer disini terletak antara akuifer bebas dan akuifer terkekang.
- Akuifer Melayang (*Perched Aquifer*) disebut akuifer melayang jika di dalam zona aerasi terbentuk sebuah akuifer yang terbentuk di atas lapisan impermeabel. Akuifer melayang ini tidak dapat dijadikan sebagai suatu usaha pengembangan air tanah, karena mempunyai variasi permukaan air tanah dan volumenya yang tidak

besar.



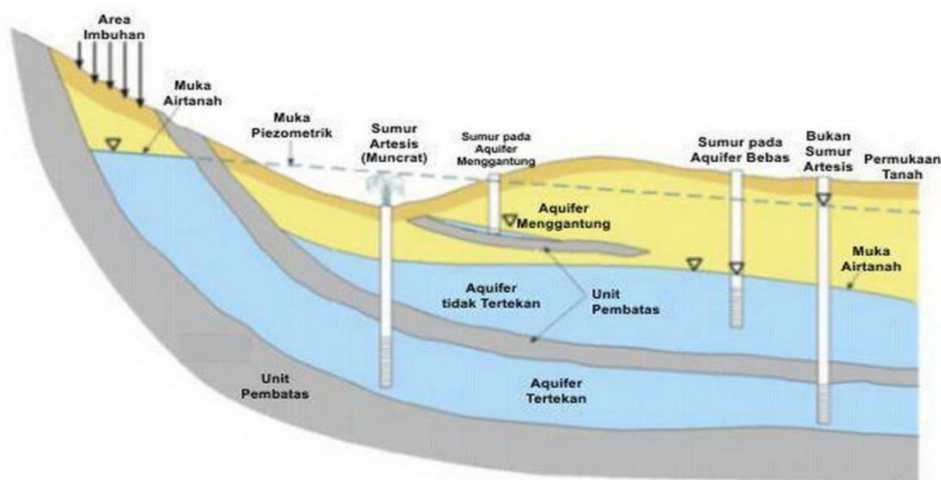
Gambar 2. 5 Tipe Akuifer

Dikenal juga sebagai *semi confined aquifer*. Adalah akuifer dimana bagian atas dan bagian dasarnya dibatasi oleh akuitar, atau salah satu batasnya adalah akuitardan batas lainnya akuiklud. Akuifer bocor juga dikenal sebagai akuifer semi tertekan, adalah akuifer yang batas atas dan bawahnya adalah akuitar, atau salah satu batasnya adalah akuitar dan yang lainnya adalah akuiklud. Air bebas bergerak melewati akuitar, baik ke atas maupun ke bawah. Jika akuifer bocor berada dalam kondisi hidrologi yang ekuilibrium, permukaan air dalam sumur penyadapan dapat bertepatan dengan muka air tanah bebas.



Gambar 2.6 Perlapisan Batuan Multi Layer Atau Interbedded

Muka air juga dapat berada di atas atau di bawah muka air tanah bebas, tergantung pada kondisi pengisian dan pelepasan. Pada cekungan sedimen yang dalam, (atau cekungan air tanah yang tebal) sistem formasi batuan berlapis-lapis tipis (*interbedded*), lapisan permeabel dan kurang permeabel akan membentuk sistem akuifer berlapis tipis dan banyak sangat umum terjadi. Sistem akuifer semacam itu lebih merupakan akuifer yang bocor yang dipisahkan oleh akuitar, dari pada tipe akuifer utama. Dalam perkembangannya, akuifer bocor (*leaky aquifer*) sering dipisahkan lagi menjadi menjadi akuifer semi bebas dan akuifer semi tertekan.

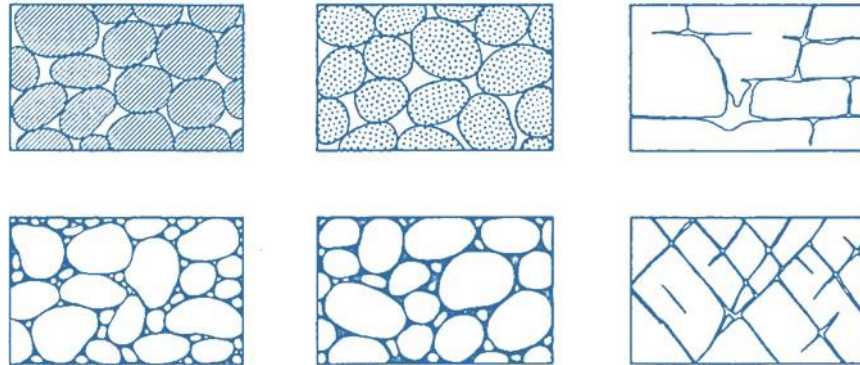


Gambar 2. 7 Akuifer Air Tanah

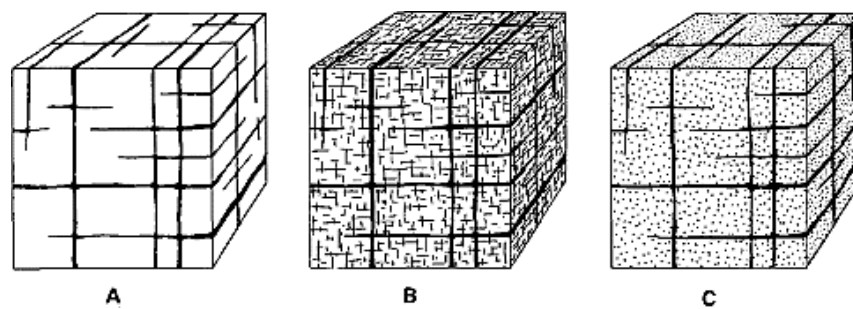
2.5.5 Sifat Fisik Akuifer

2.5.5.1 Porositas

Porositas batuan adalah sifat kandungan pori-pori atau rongga dalam batuan. Definisi porositas adalah perbandingan antara volume rongga dalam batuan dengan volume material total batuan termasuk volume rongga itu sendiri.



Gambar 2. 5 Pori-Pori, Celah dan Rekahan dalam Batuan



Gambar 2. 8 Sistem porositas dalam batuan : A : porositas Tunggal, B : Porositas Retakan Mikro, C : Porositas Ganda

Porositas biasanya dinyatakan sebagai pecahan desimal atau sebagai persentase. Pada batuan yang terkonsolidasi dan keras, perbedaan biasanya dibuat antara porositas primer, yang ada saat batuan terbentuk, dan porositas sekunder yang kemudian berkembang sebagai hasil pemecahan atau rekahan.

Pada beberapa jenis batuan, terutama batuan kristalin, retakan utama disertai oleh sistem retakan mikro, mempunyai porositas matrik batuan (Gambar 2.8 B). Sebaliknya, porositas primer dalam formasi geologis granular (misalnya batu pasir) bisa sangat signifikan (Gambar 2.8.C). Jika formasi seperti itu retak, maka dapat dianggap sebagai sistem porositas ganda karena kedua tipe porositas tersebut terdapat bersama-sama yaitu porositas primer atau matriks dan sekunder atau porositas rekahan.

Lithology	Porosity (percent)	Hydraulic conductivity (cm/sec)	Compressibility, α (m^2/N or Pa^{-1})
Unconsolidated			
Gravel	25-40	10^{-2} - 10^2	10^{-8} - 10^{-10}
Sand	25-50	10^{-4} -1	10^{-7} - 10^{-9}
Silt	35-50	10^{-7} - 10^{-3}	no data
Clay	40-70	10^{-10} - 10^{-7}	10^{-6} - 10^{-8}
Glacial Till	10-20	10^{-10} - 10^{-4}	10^{-6} - 10^{-8}
Indurated			
Fractured Basalt	5-50	10^{-5} -1	10^{-8} - 10^{-10}
Karst Limestone	5-50	10^{-4} -10	not applicable
Sandstone	5-30	10^{-8} - 10^{-4}	10^{-11} - 10^{-10}
Limestone, Dolomite	0-20	10^{-7} - 10^{-4}	$< 10^{-10}$
Shale	0-10	10^{-11} - 10^{-7}	10^{-7} - 10^{-8}
Fractured Crystalline Rock	0-10	10^{-7} - 10^{-2}	$\sim 10^{-10}$
Dense Crystalline Rock	0-5	10^{-12} - 10^{-8}	10^{-9} - 10^{-11}

Gambar 2. 9Nilai Porositas dan Parameter Lain dalam Batuan (Dikutip Dari Delleur,J. (1999)

2.5.5.2 Konduktivitas Hidrolik

Konduktivitas hidrolik adalah konstanta proporsional yang didefinisikan sebagai volume air yang akan bergerak melalui media berpori dalam satuan waktu di bawah satuan gradien hidrolik lewat satuan luas yang diukur pada sudut tegk lurus dengan arah aliran. Konduktivitas hidrolik dapat memiliki satuan panjang / waktu, misalnya m/d. Konduktivitas hidrolik batuan retak sangat bergantung pada kerapatan dan lebarnya retakan. Retakan bisa meningkatkan konduktivitas hidrolik material padat dengan beberapa tingkatan atau besaran. Konduktivitas hidrolik menggantikan istilah "koefisien permeabilitas lapangan" dan harus digunakan untuk mengacu pada karakteristik material melewati air secara kuantitatif. Ada beberapa parameter konduktivitas fisik yang tidak hanya yang nilainya sangat luas. Hidrolik berbeda dalam berbagai jenis batuan dan mungkin juga berbeda dari satu tempat ke tempat lain di batuan yang sama. Jika konduktivitas hidrolik pada dasarnya sama di daerah mana pun, akuifer di daerah itu dikatakan homogen. Jika, di sisi lain, konduktivitas hidrolik berbeda dari satu bagian daerah ke daerah lainnya, akuifer dikatakan heterogen.

Konduktivitas hidrolik juga berbeda pada arah yang berbeda pada suatu tempat di akuifer. Jika konduktivitas hidrolik pada dasarnya sama di semua arah, akuifer dikatakan isotropik. Jika berbeda pada arah yang berbeda, akuifer dikatakan anisotropik.

2.5.5.3 Permeabilitas

Kemampuan batuan untuk melewatkan air atau gas. Batuan permeabel adalah batuan yang memiliki rongga pori yang berhubungan satu dengan lainnya dan dapat melewatkan zat cair atau gas, sedangkan batuan impermeable adalah batuan yang tidak dapat melewatkan. Besaran rongga dalam batuan, konektifitas rongga dan sifat yang dimiliki dari zat cair akan menentukan permeabilitas batuan.

Suatu material dapat permeabel terhadap suatu zat cair (gas) tertentu akan tetapi dapat bersifat impermeabel terhadap zat lainnya. Permeabilitas suatu material batuan merupakan hal yang amat penting dalam uji pemompaan ini. Sifat permeabilitas berhubungan dengan porositas. Secara kualitatif, permeabilitas dinyatakan sebagai kapasitas batuan berpori atau tanah melewatkan cairan, bukaan pori interkoneksi yang besar dikaitkan dengan permeabilitas tinggi, sementara bukaan pori kecil yang tidak berhubungan dikaitkan dengan permeabilitas rendah. Pasir dan kerikil dengan bukaan pori interkoneksi yang besar memiliki porositas dan permeabilitas tinggi. Lempung cenderung memiliki porositas tinggi, tapi bukaan yang sangat kecil cenderung menghalangi jalannya air. Oleh karena itu, lempung menampilkan permeabilitas rendah.

2.5.5.3 Transmisivitas ($T=KD$)

Transmisivitas adalah produk dari konduktivitas hidrolik rata-rata K dan ketebalan jenuh dari akuifer D . Akibatnya, transmisivitas adalah laju aliran di bawah satuan gradien hidrolik melalui penampang luas di atas keseluruhan ketebalan akuifer. Transmisivitas efektif, seperti yang digunakan dalam material retak, didefinisikan sebagai

$$T = \sqrt{T_{f(x)} \cdot T_{f(y)}}$$

dimana f mengacu pada fungsi retakan dalam arah x dan y pada poros utama permeabilitas. Transmisivitas memiliki dimensi Panjang³ / (Waktu x Panjang) atau Panjang²/ Waktu dan misalnya, dinyatakan dalam m²/d atau m²/s.

2.5.5.4 Storativity (S)

Storativitas akuifer tertekan jenuh dengan ketebalan D adalah volume air yang dilepaskan dari penyimpanan per satuan luas permukaan akuifer per unit penurunan komponen hidrolik head yang normal ke permukaan tersebut. Pada kolom vertikal satuan area yang meluas melewati akuifer tertekan, storativitas S sama dengan volume air yang dilepaskan dari akuifer saat permukaan

piezometri turun di atas satu unit jarak. Storativitas melibatkan volume air per volume akuifer, kuantitas itu tidak berdimensi. Nilai-nilainya di akuifer tertekan berkisar antara 5×10^{-5} sampai 5×10^{-3}

2.5.6 Metode yang digunakan dalam *Pumping Test* (Pompa Uji)

Pompa uji (*Pumping Test*) dapat dilaksanakan baik pada sumur yang airnya memancar keluar atau sumur yang terletak pada akuifer tertekan dan sumur yang airnya tidak memancar ke luar atau sumur yang terletak pada akuifer tidak tertekan. Pompa uji (*Pumping Test*) pada kedua kondisi sumur dilaksanakan dengan prinsip yang sama, akan tetapi pada sumur yang airnya memancar jika pipanya disambung terus maka suatu saat muka airnya akan berhenti di suatu kedudukan tertentu dan pompa dapat dipasang sehingga pompa uji dapat dilakukan, kemudian Pompa uji pada sumur yang tidak memancar dapat dilakukan dalam beberapa cara, seperti pemompaan uji dengan debit konstan (*long term test*), pompa uji dengan penurunan muka air konstan, pompa uji bertingkat (*step drawdown test*), pompa uji dengan debit atau penurunan muka air tanah bervariasi, pompa uji untuk akuifer ganda, dan pompa uji dengan sumur pengamat (Sudarsono, 1998).

Kemudian pada penelitian ini pengujian pemompaan dilakukan dengan pemompaan debit konstan (*long term test*), dimana pompa uji dilaksanakan dengan mengendalikan debit pemompaan konstan selama pompa uji berlangsung. Prosedur pelaksanaan uji pompa ini adalah dengan mencatat perubahan ketinggian muka air tanah selama pemompaan sampai didapatkan kondisi steady. Ketika kondisi steady telah dicapai maka pompa dimatikan dan kembali dilakukan pencatatan terhadap perubahan ketinggian muka air tanah sampai dicapai kondisi ketinggian muka air tanah pada keadaan awal sebelum dilakukan pengujian (Sudarsono, 1998). Lamanya pemompaan tergantung pada keperluan dari sumur yang dalam penelitian ini bertujuan untuk perumahan dan perkebunan. Adapun parameter lamanya pemompaan dapat dilihat pada tabel 2.1. Sebelum melakukan pengolahan data *pumping test*, perlu dilakukan identifikasi jenis akuifer. Identifikasi jenis akuifer bertujuan untuk menentukan metode perhitungan yang akan digunakan. Setelah mengetahui jenis akuifer, kemudian data *pumping test* diolah dengan metode perhitungan berdasarkan sistem akuifernya.

Tabel 2. 1 Lama pompa uji untuk berbagai keperluan (Hazel, 1977)

Pemanfaatan Sumur	Lama Pemompaan (Jam)	Lama Kambuh (Jam)
Peternakan dan perumahan	4 - 6	2 – 4
Irigasi	24	6
Perkotaan	100	24
Industri	100	24
Penyelidikan	24	6
Pengujian Ulang	2 (uji dinamis)	2

1. *Drawdown Test*

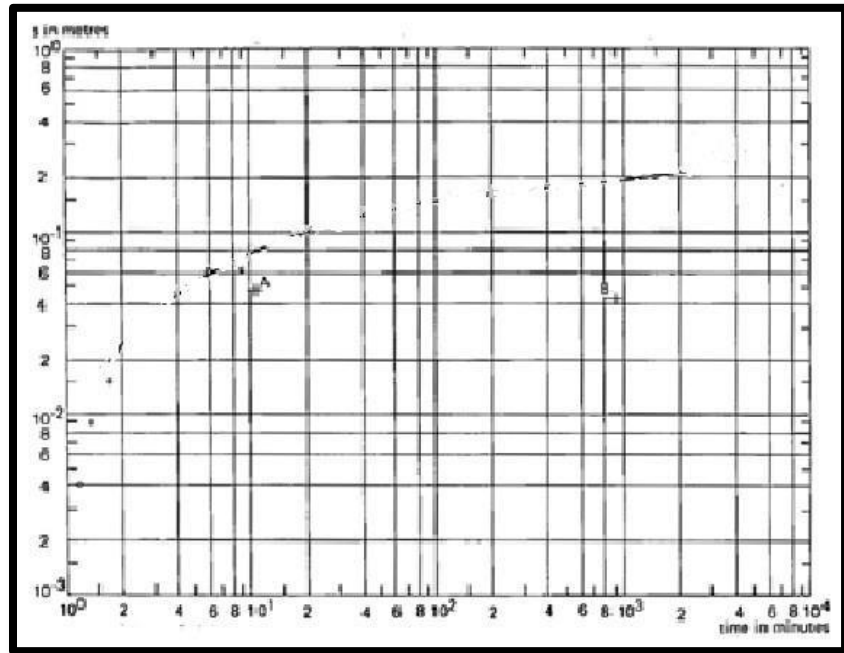
Drawdown test merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui nilai transmisivitas (T), storativitas (S) dan konduktivitas hidrolik (K). Analisis *drawdown test* berdasarkan nilai penurunan muka air tanah (s) terhadap waktu penurunan (t) dengan jenis akuifer bebas, kemudian diolah menggunakan metode *curve-fitting Neuman* dengan uraian sebagai berikut: (Kruselman dan Ridder, 1994)

Tabel 2.2 Master curve (Kruselman dan Ridder, 1994)

u	1/u	w(u)
0,00001	100000	10,94
0,0001	10000	8,63
0,001	1000	6,33
0,01	100	4,04
0,1	10	1,82
1	1	0,219
2	0,5	0,049
3	0.333333	0,013
4	0,25	0,0038
5	0,2	0,0011
6	0,166667	0,00036

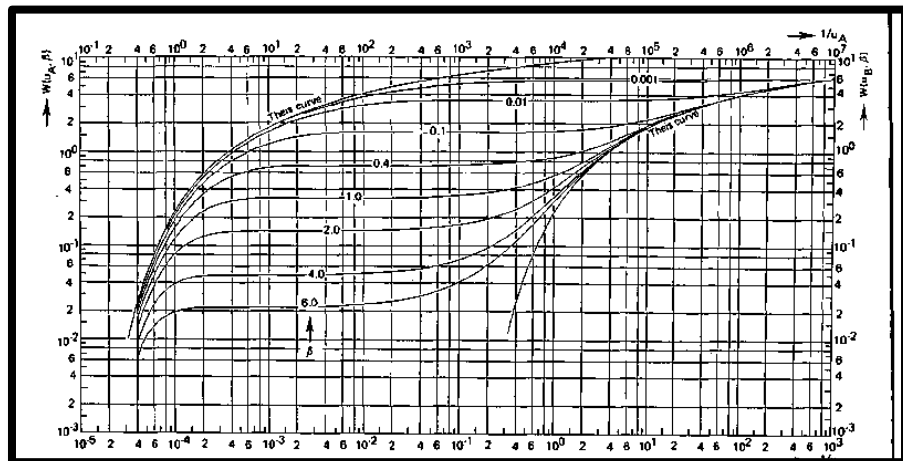
7	0,142857	0,00012
8	0,125	0,000038
9	0,111111	0,00001

Untuk sistem akuifer tidak tertekan (akuifer bebas), metode yang sering digunakan yaitu Kurva Neuman teoritis (gambar 2.8).



Gambar 2.8 kurva Neuman teoritis (Kruselman dan Ridder, 1994)

Untuk mendapatkan nilai transmisivitas (T), storativitas (S), dan konduktivitas hidrolik (K), perlu dicari nilai-nilai $W(u, A, \beta)$, $1/uA$, s (penurunan muka air tanah) dan t/r^2 .



Gambar 2.9 *curve-fitting Neuman* (Kruseman dan Ridder, 1994)

Adapun persamaan-persamaan yang digunakan pada analisis data *pumping Stepdrawdown Test* atau Uji pemompaan debit bertingkat menggunakan metode *curve-fitting Neuman* (Kruseman dan Ridder, 1994) pada akuifer bebas yaitu:

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u_A, u_B, \beta) \dots \dots \dots (5)$$

$$S = \frac{4Ttu}{r^2} \dots \dots \dots (6)$$

$$K = \frac{T}{D} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan: Q = Debit Pemompaan

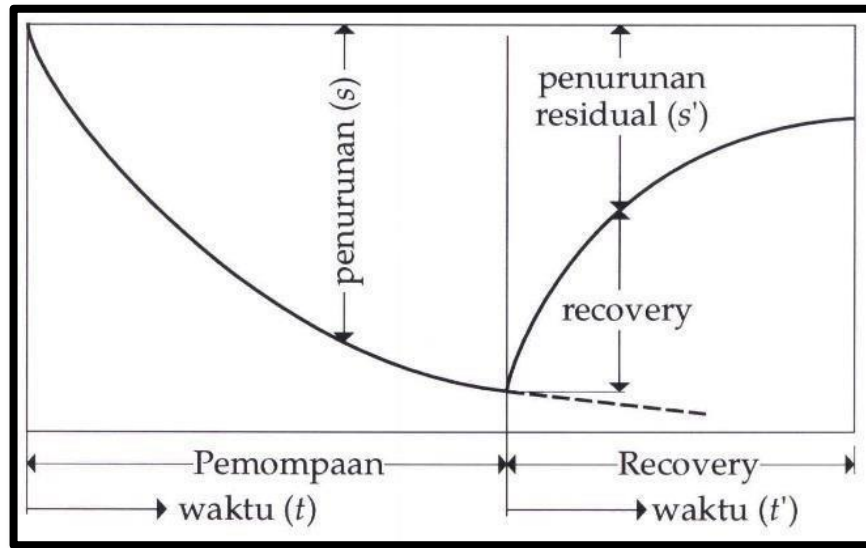
T = Transmisivitas

S = Storisitas

K = Konduktivitas Hidrolik

2. *Recovery Test*

Recovery test merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui nilai transmisivitas (T) dan nilai permeabilitas (k). Analisis *Recovery test* berdasarkan nilai kenaikan muka air tanah (s) terhadap waktu kenaikan (t), kemudian diolah menggunakan metode *Theis recovery*.



Gambar 2.10 Grafik penurunan dan *recovery* (Djoko Luknanto, 1998)

$$s'' = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{t}{t'} \longrightarrow \Delta s'' = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \frac{t}{t'} \dots \dots (8)$$

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta s'} \dots \dots \dots (9)$$

$$k = \frac{T}{b} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan: T = Transmisivitas

k = Permeabilitas

b = tebal akuifer

Q = Debit

$\Delta s''$ = Selisih kenaikan muka air tanah

2.5.6.1 Step Drawdown Test

Step Drawdown test merupakan percobaan dengan tujuan memperoleh besar debit optimum (Q_{opt}) yang ditentukan secara grafis, debit jenis (specific capacity) dan debit maksimum (Q_{max}).

Metode *Step Drown Test* merupakan suatu metoda dalam menganalisa kemampuan sumur untuk memproduksi air dengan cara melakukan pemompaan dengan debit bertingkat. Parameter yang diukur pada metoda ini adalah waktu pemompaan, debit pemompaan dan kedudukan muka air tanah selama pemompaan berlangsung sehingga peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah: pompa, dipmeter, stop watch atau jam, alat ukur debit dan pipa-pipa sesuai kebutuhan.

Pompa air dapat dibedakan menjadi pompa sentrifugal seperti pompa isap (*suction pump*), pompa turbin (*turbine pumps*), pompa selam (*submersible pumps*) maupun pompa jet (*jet pumps*) (Sudarsono, 1998). Pompa mana yang akan dipakai disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Waktu diukur dengan stopwatch atau jam. Stop watch diperlukan untuk mengukur debit air yang dipompa. Sedangkan jam diperlukan untuk mengetahui telah berapa lama pemompaan dilakukan.

Dipmeter diperlukan untuk mengukur muka air tanah sebelum maupun saat pemompaan dilakukan. Alat ukur debit air dapat berupa ember, drum atau yang lain-lain untuk menampung air yang keluar dari pompa kemudian diukur waktu serta volume air yang telah keluar. Debit air juga dapat diukur dengan ambang pengukur yang berbentuk segitiga 600, segitiga 900, trapesium, atau segiempat (Sudarsono, 1998). Masalah teknis serta masalah mekanis sering terjadi pada pemompaan seperti debit pemompaan tidak konstan dan pompa mati saat dipakai. Untuk menanggulangi hal ini pompa perlu dalam keadaan menyala

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu yang digunakan peneliti untuk penelitian ini dilaksanakan, sejak tanggal dikeluarkannya izin penelitian dalam kurun waktu kurang dari 10 bulan, terhitung mulai dari bulan desember 2021 hingga akhir juni 2023. Pengumpulan data dilakukan selama 3 minggu, pengolahan data dan penyusunan laporan dilakukan dalam waktu 2 tahun, yang meliputi penyajian dalam bentuk skripsi dan proses bimbingan berlangsung.

3.2 Tahapan Penelitian

Metode penelitian dilakukan untuk mencapai tujuan yang dapat menghasilkan hasil penelitian yang baik dan sesuai yang diharapkan. Untuk itu, diperlukan tahapan penelitian yang sistematis dan terencana. Adapun tahapan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey lapangan dan pengambilan data secara deskriptif. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Tahap Persiapan
2. Tahap Pengambilan Data
3. Tahap Analisis Data
4. Tahap Penyusunan Laporan

3.3 Tahap Persiapan

Tahapan persiapan ini dilakukan sebelum penelitian dilakukan untuk menunjang kelancaran dalam melakukan penelitian. Adapun kegiatan yang dilakukan adalah proses pengurusan administrasi dan studi literatur serta kesiapan perlengkapan yang digunakan di lapangan seperti yang diuraikan di bawah ini :

1. Proses pengurusan administrasi mencakup proses pembuatan rekomendasi judul ke jurusan dan pembuatan surat keputusan pembimbing serta surat menyurat perizinan melakukan penelitian ke lokasi penelitian untuk memperlancar melakukan penelitian di lokasi penelitian.
2. Studi Literatur mencakup tentang geologi regional daerah penelitian dan beberapa referensi berupa laporan/paper penelitian terdahulu serta literatur yang berhubungan dengan tema penelitian. Dengan demikian dapat memberikan gambaran umum tentang kondisi daerah penelitian dan metode yang tepat digunakan dan memperluas pemahaman sehingga permasalahan yang dijumpai maupun dalam pengolahan data dapat mempermudah berdasarkan teori-teori dan hasil penelitian yang berkaitan.

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Peta dasar skala 1:50.000, lembar Palu (2015-32) Daerah Biromaru dan sekitarnya digunakan untuk penentuan lokasi pengamatan.
2. Peta tinjau geologi regional skala 1:250.000 lembar Palu untuk mengetahui sebaran batuan daerah penelitian.
3. Peta Hidrogeologi untuk mengetahui ketersediaan air tanah dan produktivitas akuifer.
4. *Global positioning system (GPS)* digunakan untuk mengetahui posisi/letak koordinat geografis pengukuran di lokasi penelitian.
5. Buku catatan lapangan/blanko pengukuran dan alat tulis digunakan untuk mencatat data-data yang diambil di lapangan.
6. Kamera digunakan untuk mendokumentasi Kegiatan Penelitian.
7. Pompa air digunakan untuk memompa air dari dalam sumur.
8. Pengukur waktu digunakan untuk mengukur waktu *drawdown* dan *recovery*. Rol meter dan pemberat digunakan untuk mengukur nilai *drawdown* dan nilai *recovery*.

3.4 Tahap Pengambilan Data

Tahapan pengambilan data pada penelitian ini meliputi:

1. Penentuan lokasi pengambilan data (*plotting*) menggunakan *global positioning system* (GPS).
2. Menentukan sumur uji dan sumur amat. Sumur uji berfungsi sebagai sumur yang dilakukan pemompaan. Sumur amat berfungsi sebagai sumur yang dilakukan pembacaan nilai *drawdown* dan nilai *recovery* . Pembacaan penurunan muka air tanah dan masa kambuh pada sumur amat dilakukan dengan interval yang telah ditentukan.
3. Penurunan muka airtanah diukur selama pengujian di setiap tingkatan dalam interval waktu tertentu (Format Blangko terlampir), setelah satu tahap pengukuran tersebut, misalnya selama 1 (satu) jam, kemudian langsung masuk ke tahap berikutnya dengan membesarkan debit tanpa menghentikan pemompaan (mesin pompa tidak dimatikan) dan penurunan muka airtanah diukur mulai dari menit selanjutnya dengan interval seperti pada tahap pertama sampai selesai tahap kedua, langsung dimuai dengan tahap ke tiga dengan langsung membesarkan debbit tanpa mematikan mesin pompa, dan pengukuran muka air tanah dilanjutkan dengan interval seperti tahap sebelumnya, demikian seterusnya.
4. Apabila semua tahapan yang direncanakan sudah dilaksanakan, maka mesin pompa dimatikan tetapi langsung juga dilakukan pengukuran muka air tanah, pada tahap ini, muka air tanah akan mengalami kenaikan kembali dan ini disebut sebagai masa kambuh atau *recovery*.
5. Catat setiap data yang didapatkan dalam pengukuran kedalam tabel ukur. Minimalisir kesalahan-kesalahan yang terjadi pada saat pengambilan data.
6. Melakukan pendataan jumlah sumur yang masih aktif berproduksi dan melakukan wawancara singkat kepada pemilik sumur tentang penggunaan air tanah.

3.5 Tahap Analisis Data

Data-data lapangan selanjutnya dikumpulkan dan diolah untuk dianalisis sehingga dapat menghasilkan data transmisivitas (T) berupa volume air yang mengalir melalui daerah penampang sebuah akuifer (ketebalan akuifer), storativitas (S) berupa koefisien yang menunjukkan besarnya volume air yang dapat dikeluarkan atau disimpan oleh akuifer, konduktivitas hidrolik (K) berupa parameter akuifer yang menyusun sistem cekungan air bawah tanah, serta dapat menghitung debit optimum dan debit air tanah yang telah dieksploitasi pada daerah penelitian.

1. Analisis *step drawdown test*

Analisis data *step drawdown test* dilakukan untuk mendapatkan nilai debit optimum dan debit maksimal untuk mendapatkan nilai tersebut perlu dicari nilai transmisivitas (T), storativitas (S), konduktivitas hidrolik (K).

2. Analisis *recovery test*

Analisis *recovery test* dilakukan untuk mendapatkan nilai permeabilitas (k) sehingga dapat menghitung nilai debit maksimum. Analisis *recovery test* menggunakan metode *Theis recovery*. Untuk menghitung nilai K, terlebih dahulu hitung nilai T menggunakan metode *Theis recovery*. Setelah itu masuk pada persamaan mencari nilai K. Selanjutnya hitung nilai debit maximum.

3. Analisis *tespit*

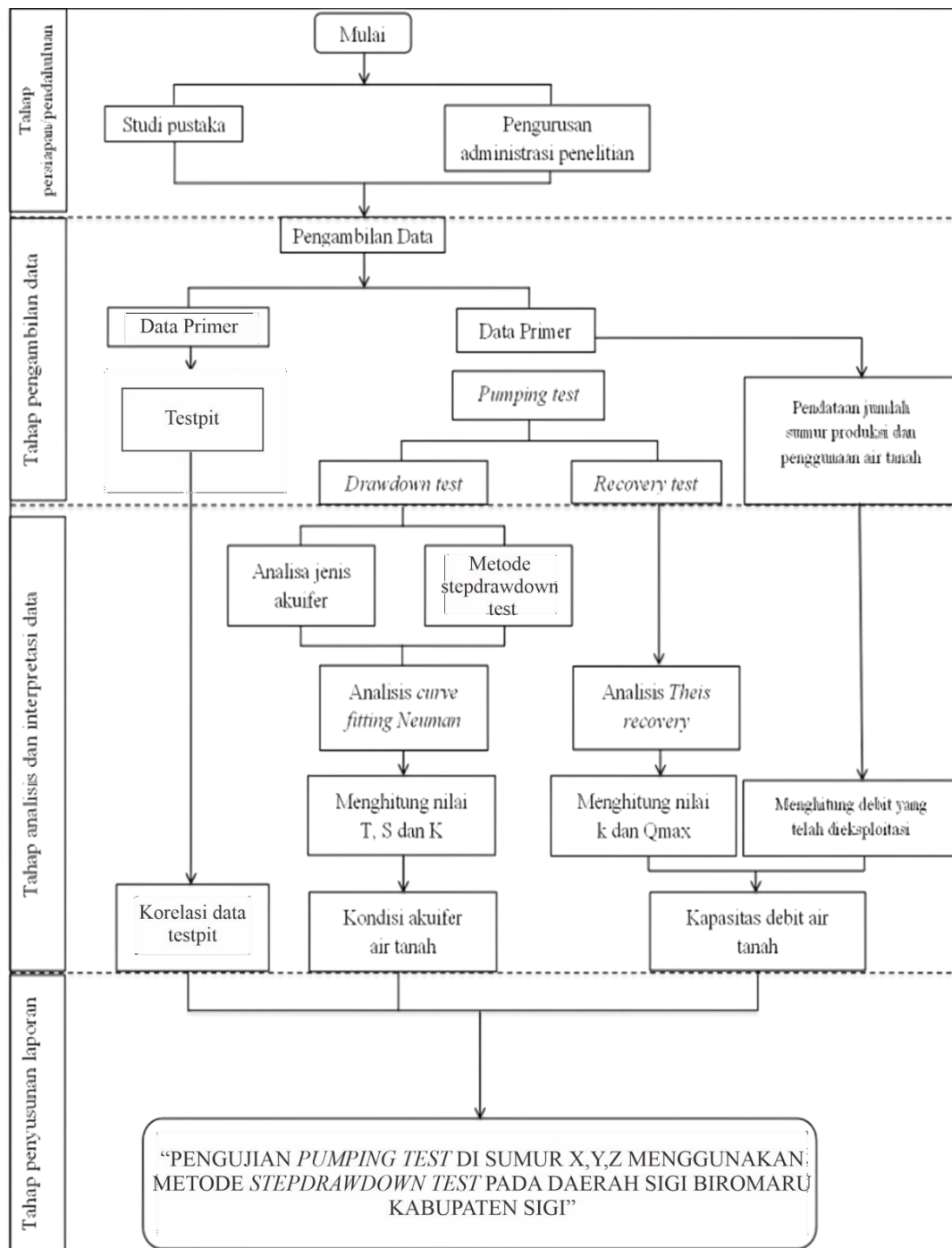
Test pit (sumur uji) merupakan salah satu cara dalam pencarian endapan atau pemastian kemenerusan lapisan dalam arah vertikal. Pembuatan sumur uji ini dilakukan jika dibutuhkan kedalaman yang lebih ($> 2,5$ m). Pada umumnya suatu deretan (series) sumur uji dibuat searah jurus, sehingga pola endapan dapat dikorelasikan dalam arah vertikal dan horisontal. Pada endapan berlapis, pembuatan sumur uji ditujukan untuk mendapatkan kemenerusan lapisan dalam arah kemiringan, variasi litologi atap dan lantai, ketebalan lapisan, dan karakteristik variasi endapan secara vertikal, serta dapat digunakan sebagai lokasi sampling. Sumur uji ini umum dilakukan pada eksplorasi endapan endapan yang berhubungan dengan pelapukan dan endapan-endapan berlapis.

3.6 Tahap Penyusunan Laporan

Tahap ini merupakan kegiatan penyusunan laporan dari hasil semua tahap penelitian meliputi pengambilan data dan analisis data, serta melengkapi hal-hal yang perlu dimasukkan dalam laporan penelitian sehingga dapat memenuhi penulisan tugas akhir dengan judul “Pengujian *Pumping Test* Di Sumur X,Y,Z Menggunakan Metode *Stepdrawdown Test* Pada Daerah Sigi Biromaru Kabupaten Sigi”.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian ini dituangkan dalam bentuk diagram alir penelitian untuk menunjang atau membantu dalam proses atau langkah- langkah yang perlu dilakukan agar lebih memudahkan penulis dalam melakukan penelitian.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PEMBAHASAN

4.1 Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan pendekatan morfometri mencakup semua unsur geomorfologi yang dapat diukur besarnya seperti sudut lereng dan beda tinggi, satuan geomorfologi ini memiliki persentase sudut lereng 0 – 2%, dan beda tinggi sekitar yang diukur dari kontur tertinggi – kontur rendah 0 - 50 meter di atas permukaan laut. Berdasarkan pendekatan morfografi yaitu kenampakan bentuk topografi melalui pengamatan secara langsung di lapangan, daerah ini memiliki relief landai dan memiliki titik tinggi 50 mdpl, lembah membentuk penampang berbentuk huruf “U” yang relatif lebar dan luas. Berdasarkan pendekatan morfogenesis seperti tingkat pelapukan, erosi, bentuk sungai, dan juga struktur geologi proses-proses geologi yang terjadi pada daerah ini berupa tingkat pelapukan sedang - tinggi dengan jenis pelapukan fisika dan biologi. Jenis erosi yang bekerja pada daerah ini berupa erosi lateral. Tidak dijumpai gerakan tanah pada satuan ini. Jenis soil residual dan *transported soil* dengan tebal soil 0,5 m – 1 m yang berwarna coklat kehitaman. Berdasarkan klasifikasi morfometri, morfografi dan morfogenesis menurut Van Zuidam (1985) maka daerah ini termasuk tipe geomorfologi dataran denudasional.



Gambar 4. 1 Kenampakan bentang alam dataran denudasional

Secara umum stratigrafi regional lembar Palu terbagi menjadi tiga kelompok dari tua ke muda yakni batuan Pra-Tersier, batuan Tersier dan Kuarter. Daerah penelitian termasuk kedalam kelompok batuan kuarter yang disusun oleh endapan Molasa dan Alluvium berupa kerikil, pasir, lanau sampai lempung.

Struktur utama pada daerah penelitian merupakan struktur sesar berupa sesar mendatar mengiri Palu-Koro, dijumpai memanjang dengan arah hampir Utara-Selatan yang secara keseluruhan memiliki panjang 250 km.

4.2 Data Pengamatan/Pengukuran

Data *pumping test* diambil pada 3 (tiga) titik sumur berbeda yang berada di Desa Kalukubula, dengan waktu pemompaan dilakukan selama 1080 menit dan dilakukan dengan 3 (tiga) debit yang berbeda. Lokasi pengambilan data diambil pada sumur-sumur warga yang berada di kebun. Dalam pengambilan data dipilih tempat yang memiliki 2 sumur berdekatan yang berjarak sekitar $\pm 20-30$ meter. Hal ini disebabkan karena untuk pengukuran penurunan muka air tanah (drawdown) dibutuhkan sumur amat.



Gambar 4. 2 (A) Sumur amat. (B) Sumur *pumping*

Selain sumur amat perlu dilakukan pengukuran debit air. Dalam pengukuran debit. Setelah melakukan *pumping*, dilakukan pengamatan masa kambuh. Pengamatan masa kambuh dilakukan selama 1080 menit, dengan tujuan untuk melihat berapa lama waktu yang diperlukan agar akuifer kembali terisi pada muka air tanah mula-mula.

Selain data *pumping test*, peneliti juga menggunakan data pendukung berupa data testpit. Adapun data yang diambil pada 3 titik sumur pumping berjarak ± 10 m.. Data testpit yang diperoleh dikorelasikan agar dapat menggambarkan kondisi lapisan batuan pada lokasi penelitian.

4.3 Hasil Pengolahan Data

4.3.1 Pumping Test

Pumping Test (tes pemompaan) yang dilakukan pada penelitian ini adalah *stepdrawdown test* (pemompaan debit bertingkat), dimana pompa uji dilaksanakan dengan 3 kali meningkatkan debit pemompaan (1,2) (2,1) dan (2,7) L/detik per 6 jam jadi total pemompaan berlangsung selama 18 jam pompa uji berlangsung.

- *Pumping test well 1*

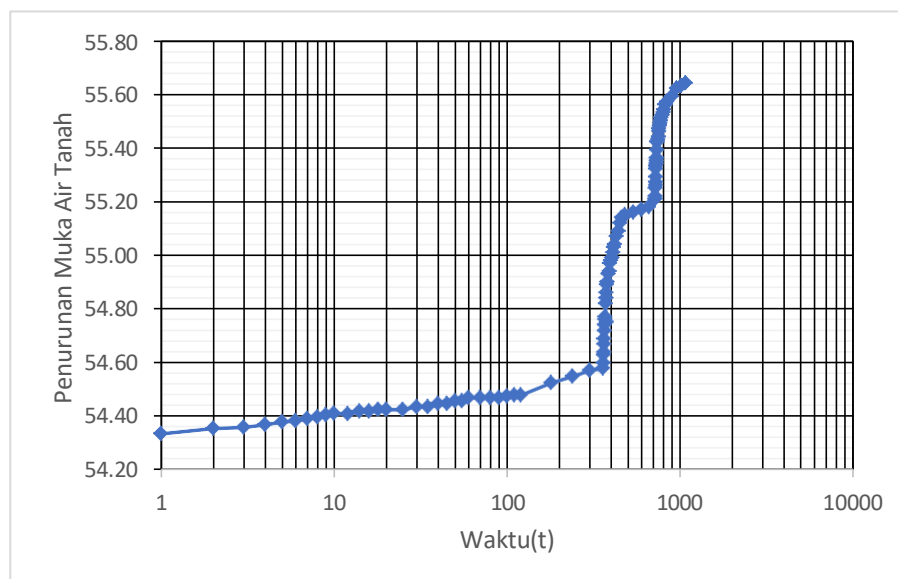
Hasil pemompaan dari *step drawdown test* pada *well 1* dapat dilihat dari tabel 4.1

Tabel 4. 1 Data pemompaan *step drawdown test* pada *well 1*

Tanggal		26/02/2022
Lokasi		Desa Lolu
Sumur Pengamatan		Sumur 1
Elevasi		52
Ketinggian Air Mula-Mula		52.01
debit	waktu	penurunan muka air tanah
1,2	1	52.016
	2	52.036
	3	52.04
	4	52.05
	5	52.06
	6	52.065
	7	52.073
	8	52.078
	9	52.086
	10	52.093
	12	52.09
	14	52.1
	16	52.1
	18	52.107
	20	52.107
	25	52.107
	30	52.116
	35	52.116
	40	52.128
	45	52.128
	50	52.139
	55	52.139
	60	52.15
	70	52.15
	80	52.15
	90	52.15
	100	52.156
	110	52.159
	120	52.159
	180	52.206
	240	52.23
	300	52.252
	360	52.26
2,1	361	52.28

	362	52.31
	363	52.32
	364	52.35
	365	52.37
	366	52.4
	367	52.42
	378	52.43
	369	52.44
	370	52.45
	372	52.5
	374	52.52
	376	52.54
	378	52.57
	380	52.58
	385	52.61
	390	52.62
	395	52.65
	400	52.66
	405	52.67
	410	52.69
	415	52.71
	420	52.72
	430	52.75
	440	52.77
	450	52.8
	460	52.82
	470	52.82
	480	52.83
	540	52.84
	600	52.85
	660	52.86
	720	52.89
2,7	721	52.89
	722	52.9
	723	52.93
	724	52.94
	725	52.95
	726	52.97
	727	53
	728	53.01
	729	53.02
	730	53.03
	732	53.04
	734	53.04
	736	53.07

738	53.1
740	53.1
745	53.11
750	53.12
755	53.14
760	53.15
765	53.16
770	53.17
775	53.18
780	53.19
790	53.2
800	53.21
810	53.22
820	53.24
830	53.24
840	53.25
900	53.27
960	53.3
1020	53.31
1080	53.32



Gambar 4. 3 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan penurunan muka air tanah (*drawdown*)

Uji pemompaan dilakukan dengan debit bertingkat yakni 1,2 2,1 dan 2,7 L/detik dengan waktu dari masing-masing debit yaitu 360 menit dengan total pengukuran 1080 menit. Berdasarkan kurva hubungan antara waktu dan *drawdown* dengan metode yang digunakan berupa *curve-fitting Neuman*, maka nilai transmisivitas, storativitas dan

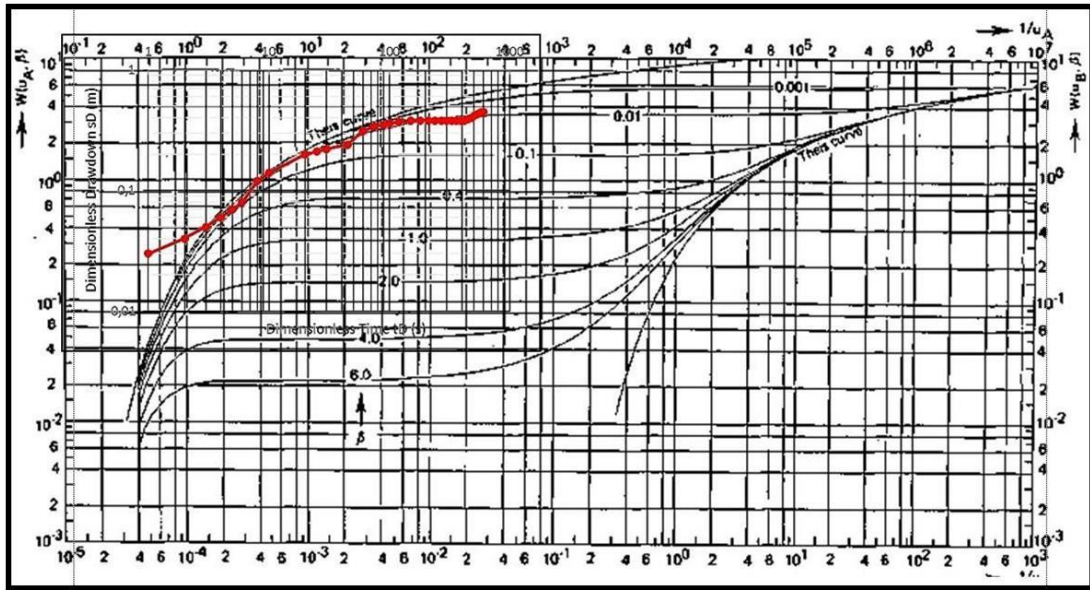
konduktivitas hidrolik adalah (Kruseman dan Ridder, 1994) :

Tabel 4. 2 Nilai *ploting curve-fitting Neuman* $W(u_A, \beta)$

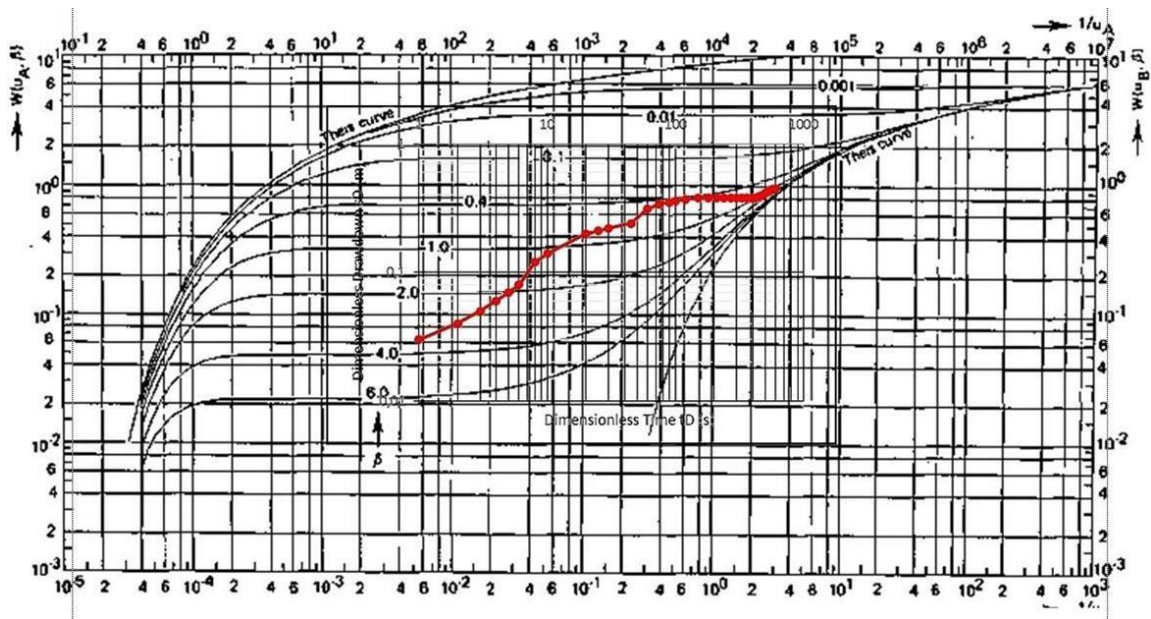
β	W	t	s	r (m)	D (m)	Q (m ³ /hari)
0,01	1	$1,4 \times 10^{-3}$	0,1	35	6,04	328,3

Tabel 4. 3 Nilai *ploting curve-fitting Neuman* $W(u_B, \beta)$

β	W	t	s	r (m)	D (m)	Q (m ³ /hari)
1,0	1	0,139	0,7	35	6,04	328,3



Gambar 4. 5 Overlay antara kurva lapangan $W(u_A, \beta)$ dan *curve-fitting Neuman* (Krusseman dan Ridder, 1994)



Gambar 4. 4 Overlay antara kurva lapangan $W(u_A, \beta)$ dan *curve-fitting Neuman* (Krusseman dan Ridder, 1994)

Keterangan : t = waktu

s = drawdown

r = jarak antar sumur *pumping* dan sumur amat

D = tebal akuifer

Q = debit

$$T_a = \frac{Q}{4\pi s} W(u_A, \beta)$$

$$T_a = \frac{32,3}{4x3,14x0,1} 1 = 261,4013$$

$$S_\Lambda = \frac{4Ttu}{r^2}$$

$$S_\Lambda = \frac{4x261,401x0,0014x1}{35^2} = 1,2 \times 10^{-3}$$

$$T_b = \frac{Q}{4\pi s} W(u_B, \beta)$$

$$T_b = \frac{32,3}{4x3,14x0,7} 1 = 37,3430$$

$$S_Y = \frac{4Ttu}{r^2}$$

$$S_Y = \frac{4x37,343x0,139x1}{35^2} = 1,7 \times 10^{-2}$$

$$Kh = \frac{((a)+T(b))/2}{D}$$

$$Kh = \frac{(261,401+37,343)/2}{6,04} = 24,7305$$

$$\frac{SE}{SA} = \frac{0,0169}{0,0012} = 14,28$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka nilai Transmisivitas 261,4013 m²/hari, Storativitas $1,2 \times 10^{-3}$, Specific yield $1,7 \times 10^{-2}$, Konduktivitas hidrolik 24,7305 m/hari.

- *Pumping test well 2*

Hasil pemompaan dari *long term test* pada *well 2* dapat dilihat dari tabel 4.4

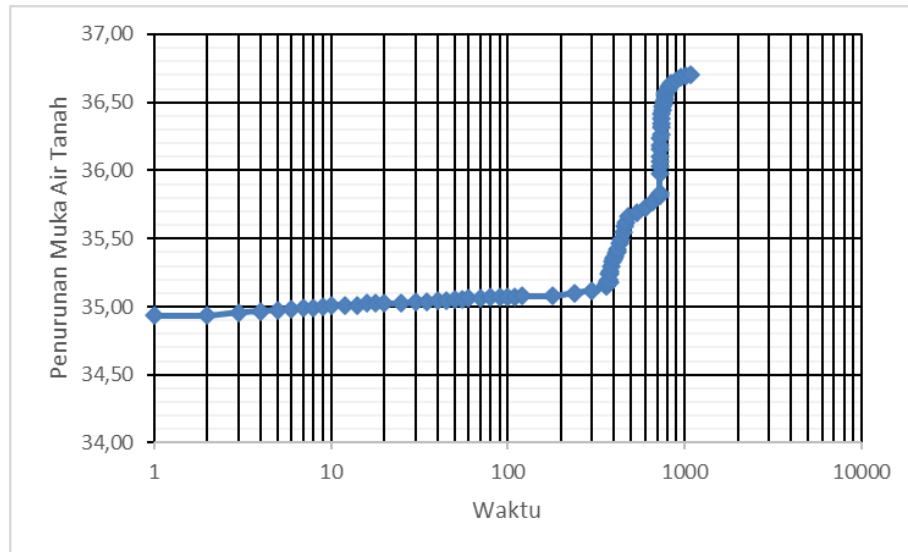
Tabel 4. 4 Data pemompaan *StepDrawDown* pada *well 2*

Tanggal		26/02/2022
Lokasi		Desa Kalukubula
Sumur Pengamatan		Sumur 2
Elevasi		56
Ketinggian Air Mula-Mula		2.34
Debit	Waktu	Penurunan Muka Air Tanah
1,2	1	34.93
	2	34.93
	3	34.96
	4	34.97
	5	34.98
	6	34.98
	7	34.99
	8	35.00
	9	35.00
	10	35.01
	12	35.01
	14	35.01
	16	35.02
	18	35.02
	20	35.02
	25	35.02
	30	35.03
	35	35.03
	40	35.05
	45	35.05
	50	35.06
	55	35.06
	60	35.06
	70	35.06
	80	35.07
	90	35.07
	100	35.07

	110	35.07
	120	35.08
	180	35.08
	240	35.10
	300	35.12
	360	35.15
2,1	361	35.15
	362	35.16
	363	35.16
	364	35.16
	365	35.17
	366	35.17
	367	35.17
	378	35.18
	369	35.18
	370	35.19
	372	35.20
	374	35.20
	376	35.24
	378	35.24
	380	35.26
	385	35.30
	390	35.33
	395	35.35
	400	35.36
	405	35.37
	410	35.39
	415	35.40
	420	35.42
	430	35.47
	440	35.49
	450	35.55
	460	35.59
	470	35.62
	480	35.66
	540	35.69
	600	35.73
	660	35.77
	720	35.82
2,7	721	35.82
	722	35.82
	723	35.82
	724	35.83
	725	35.98

726	36.03
727	36.07
728	36.11
729	36.16
730	36.19
732	36.24
734	36.27
736	36.32
738	36.35
740	36.38
745	36.42
750	36.45
755	36.47
760	36.49
765	36.51
770	36.53
775	36.55
780	36.57
790	36.58
800	36.59
810	36.60
820	36.62
830	36.63
840	36.64
900	36.66
960	36.69
1020	36.70
1080	36.71

Dari data di lapangan, maka kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan penurunan muka air tanah (*drawdown*) dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4. 6 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan penurunan muka air tanah (*drawdown*)

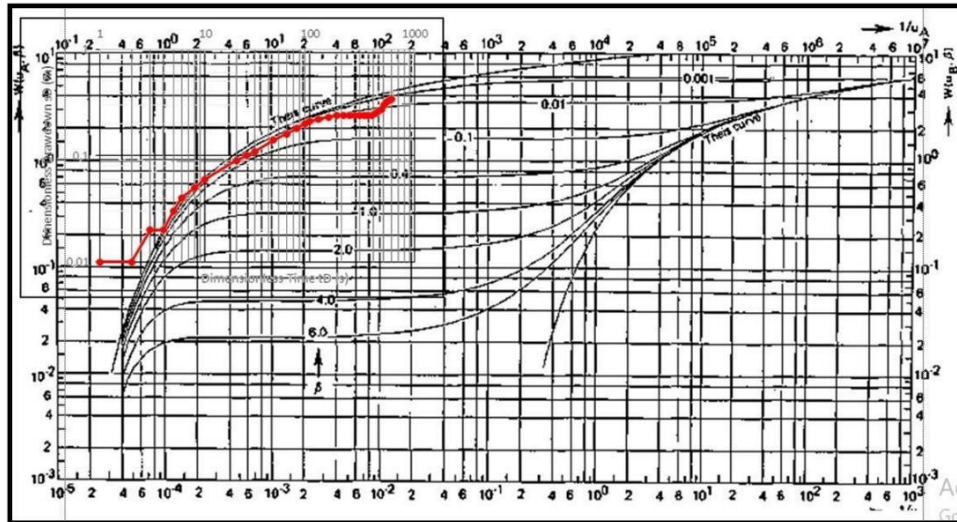
Uji pemompaan dilakukan dengan debit $1,3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan waktu 600 menit. Berdasarkan kurva hubungan antara waktu dan *drawdown* dengan metode yang digunakan berupa *curve-fitting Neuman*, maka nilai transmisivitas, storativitas dan konduktivitas hidrolik adalah (Kruseman dan Ridder, 1994) :

Tabel 4. 5 Nilai *ploting curve-fitting Neuman* $W(u_A, \beta)$

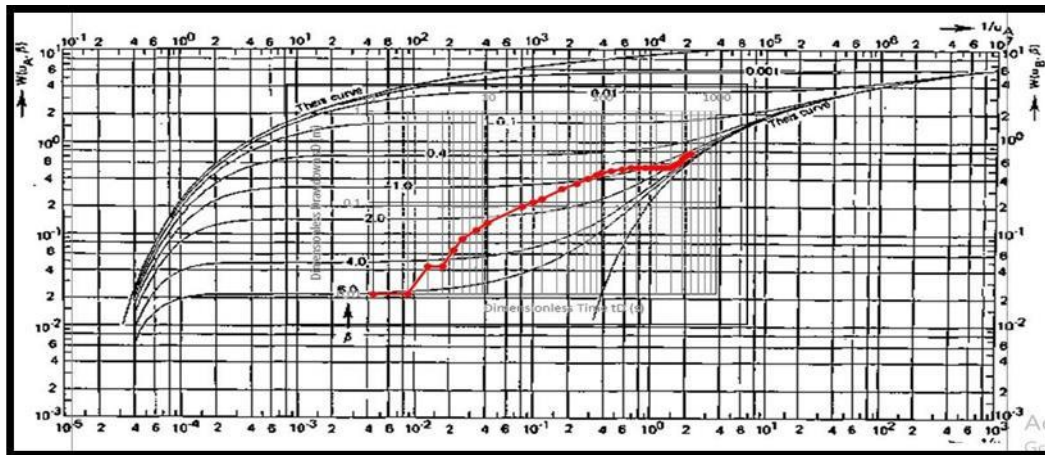
β	W	t	S	r (m)	D (m)	Q (m^3/hari)
0,01	1	$2,8 \times 10^{-3}$	0,1	20	8,15	112,3

Tabel 4. 6 Nilai *ploting curve-fitting Neuman* $W(u_B, \beta)$

B	W	t	S	r (m)	D (m)	Q (m^3/hari)
2,0	1	0,173	0,7	20	8,15	112,3



Gambar 4. 7 Overlay antara kurva lapangan $W(u_A, \beta)$ dan *curve-fitting Neuman* (Kruseman dan Ridder, 1994)



Gambar 4. 8 Overlay antara kurva lapangan $W(u_B, \beta)$ dan *curve-fitting Neuman* (Kruseman dan Ridder, 1994)

Keterangan : t = waktu

s = drawdown

r = jarak antar sumur *pumping* dan sumur amat

D = tebal akuifer

Q = debit

$$T_a = \frac{Q}{4\pi s} W(u_a, \beta)$$

$$T_a = \frac{112,3}{4 \times 3,14 \times 0,1} 1 = 89,4267$$

$$S_A = \frac{4Tsu}{r^2}$$

$$S_A = \frac{4 \times 89,43 \times 0,0028 \times 1}{20^2} = 2,5 \times 10^{-3}$$

$$T_b = \frac{Q}{4\pi s} W(u_b, \beta)$$

$$T_b = \frac{112,3}{4 \times 3,14 \times 0,7} 1 = 12,7752$$

$$S_Y = \frac{4Tsu}{r^2}$$

$$S_Y = \frac{4 \times 12,775 \times 0,173 \times 1}{20^2} = 2,2 \times 10^{-2}$$

$$Kh = \frac{D}{((a) + T(b))/2}$$

$$Kh = \frac{(89,43 + 12,775)/2}{8,15} = 6,2701$$

$$SF = \frac{0,022}{2} = 8,9286$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka nilai Transmisivitas 89,4267 m²/hari, Storativitas 2,5 x 10⁻³, Specific yield 2,2 x 10⁻², Konduktivitas hidrolik 6,2701 m/hari.

- *Pumping test well 3*

Hasil pemompaan dari *StepDrawDown* pada *well 3* dapat dilihat dari tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Data pemompaan *StepDrawDown* pada *well 3*

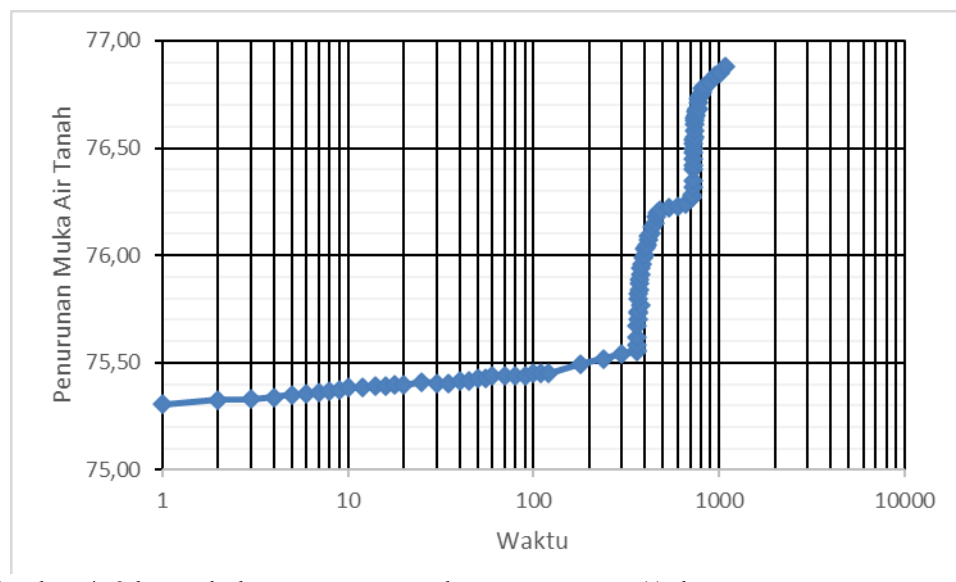
Tanggal		26/02/2022
Lokasi		Desa Kalukubula
Sumur Pengamatan		Sumur 3
Elevasi		57
Ketinggian Air Mula-Mula		3,31
Debit	Waktu	Penurunan Muka Air Tanah
1,2	1	75.31
	2	75.33
	3	75.33
	4	75.34
	5	75.35
	6	75.36

	7	75.36
	8	75.37
	9	75.38
	10	75.38
	12	75.38
	14	75.39
	16	75.39
	18	75.40
	20	75.40
	25	75.41
	30	75.41
	35	75.41
	40	75.42
	45	75.42
	50	75.43
	55	75.43
	60	75.44
	70	75.44
	80	75.44
	90	75.44
	100	75.45
	110	75.45
	120	75.45
	180	75.50
	240	75.52
	300	75.54
	360	75.55
2,1	361	75.56
	362	75.58
	363	75.62
	364	75.67
	365	75.70
	366	75.73
	367	75.74
	378	75.77
	369	75.80
	370	75.82
	372	75.84
	374	75.87
	376	75.89
	378	75.91
	380	75.94
	385	75.96
	390	75.99

	395	76.00
	400	76.03
	405	76.04
	410	76.05
	415	76.07
	420	76.09
	430	76.10
	440	76.13
	450	76.15
	460	76.18
	470	76.20
	480	76.21
	540	76.22
	600	76.23
	660	76.24
	720	76.27
2,7	721	76.27
	722	76.28
	723	76.32
	724	76.35
	725	76.40
	726	76.42
	727	76.45
	728	76.48
	729	76.50
	730	76.52
	732	76.54
	734	76.55
	736	76.58
	738	76.61
	740	76.63
	745	76.64
	750	76.65
	755	76.67
	760	76.68
	765	76.68
	770	76.68
	775	76.71
	780	76.73
	790	76.74
	800	76.75
	810	76.76
	820	76.78
	830	76.78

	840	76.79
	900	76.81
	960	76.84
	1020	76.85
	1080	76.88

Dari data di lapangan, maka kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan penurunan muka air tanah (*drawdown*) dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4. 9 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan penurunan muka air tanah (*drawdown*)

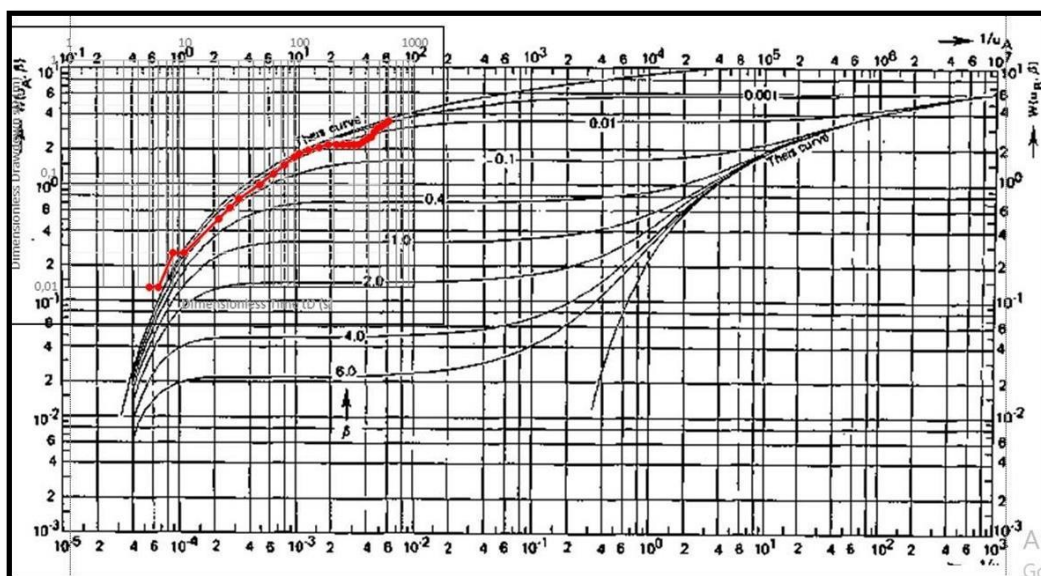
Uji pemompaan dilakukan dengan debit $2,75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan waktu 600 menit. Berdasarkan kurva hubungan antara waktu dan *drawdown* dengan metode yang digunakan berupa *curve-fitting Neuman*, maka nilai transmisivitas, storativitas dan konduktivitas hidrolik adalah (Kruselman dan Ridder, 1994) :

Tabel 4. 8 Nilai *ploting curve-fitting Neuman* $W(u_A, \beta)$

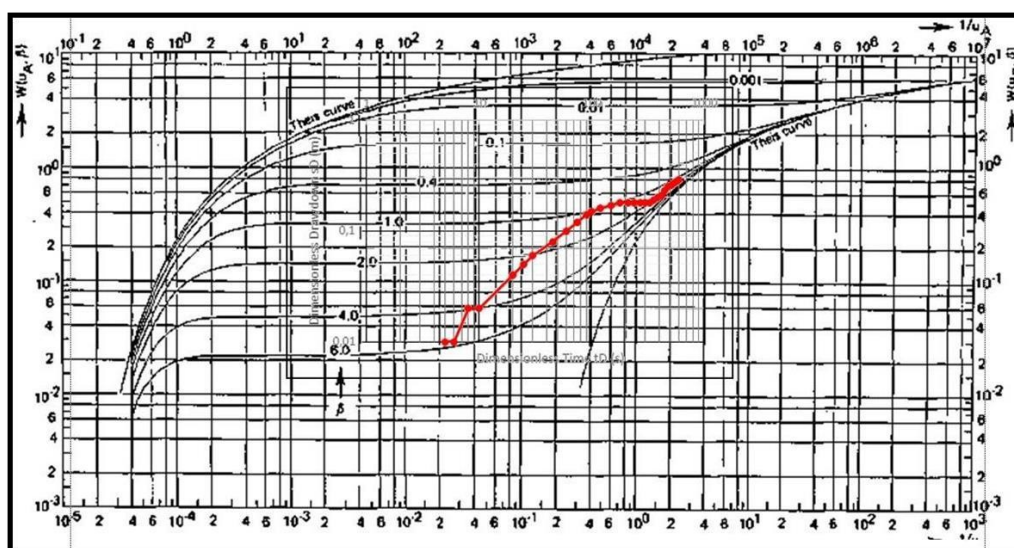
β	W	t	S	r (m)	D (m)	Q (m ³ /hari)
0,01	1	4,8x10 ⁻³	0,1	22	8,5	237,6

Tabel 4. 9 Nilai *ploting curve-fitting Neuman* $W(u_B, \beta)$

β	W	t	S	r (m)	D (m)	Q (m ³ /hari)
2,0	1	0,173	0,7	22	8,5	237,6



Gambar 4. 10 *Overlay* antara kurva lapangan $W(u_A, \beta)$ dan *curve-fitting Neuman* (Kruseman dan Ridder, 1994)



Gambar 4. 11 *Overlay* antara kurva lapangan $W(u_A, \beta)$ dan *curve-fitting Neuman* (Kruseman dan Ridder, 1994)

Keterangan : t = waktu

s = *drawdown*

r = jarak antar sumur *pumping* dan sumur amat

D = tebal akuifer

Q = debit

$$T_a = \frac{Q}{4\pi s} W(u_a, \beta)$$

$$T_a = \frac{237,6}{4 \times 3,14 \times 0,1} 1 = 189,1720$$

$$S_a = \frac{4Ttu}{r^2}$$

$$S_a = \frac{4 \times 189,172 \times 0,0048 \times 1}{22^2} = 7,6 \times 10^{-3}$$

$$T_b = \frac{Q}{4\pi s} W(u_b, \beta)$$

$$T_b = \frac{237,6}{4 \times 3,14 \times 0,7} 1 = 27,0246$$

$$S_b = \frac{4Ttu}{r^2}$$

$$S_b = \frac{4 \times 27,024 \times 0,173 \times 1}{22^2} = 3,9 \times 10^{-2}$$

$$SF = \frac{0,038}{1} = 5,1020$$

$$Kh = \frac{((a) + T(b))/2}{D}$$

$$Kh = \frac{(189,172 + 27,024)/2}{\frac{8}{5}} = 12,7174$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka nilai Transmisivitas 189,1720 m²/hari, Storativitas 7,6 x 10⁻³, Specific yield 3,9 x 10⁻², Konduktivitas hidrolik 12,7174 m/hari.

4.3.2 Recovery

Setelah pemompaan dihentikan, dengan segera dilakukan pencatatan waktu pemulihan muka air tanah kembali ke posisi semula. Data yang dicatat meliputi interval waktu tertentu dan kenaikan muka air tanah (s''). data tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan metode *Theis Recovery*.

Data *recovery test* seperti pada tabel dan grafik berikut:

Tabel 4. 10 Data *recovery well 1*

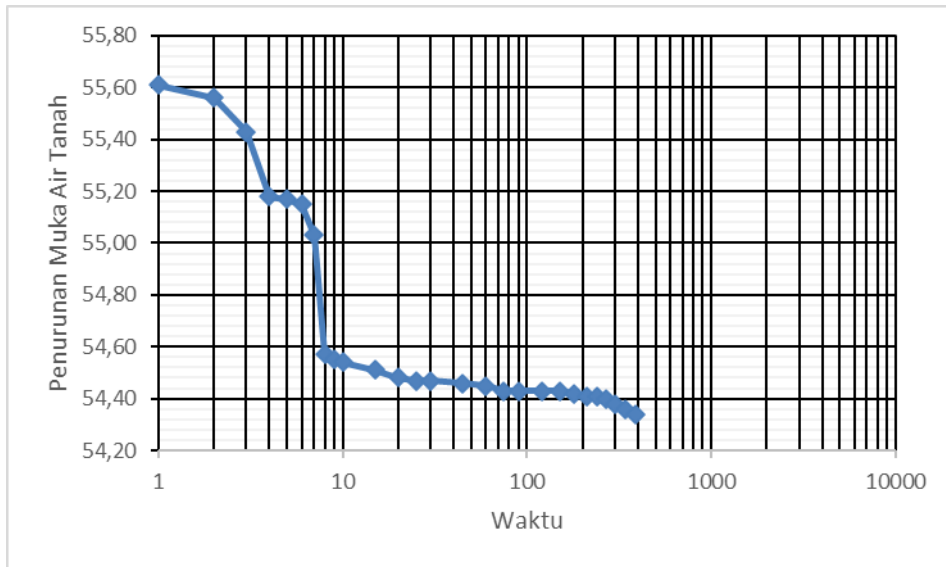
Tanggal	10/08/2021
Lokasi	Desa Lolu
Sumur Pengamatan	Well 1
Waktu (t')	Tinggi muka air (m)
0	55.64
1	55.61
2	55.56
3	55.43
4	55.18
5	55.17
6	55.15
7	55.03
8	54.57
9	54.55
10	54.54
15	54.51
20	54.48
25	54.47
30	54.47
45	54.46
60	54.45
75	54.43
90	54.43
120	54.43
150	54.43
180	54.42
210	54.41
240	54.41
270	54.40
300	54.38
340	54.36
390	54.34

Tabel 4. 11 Data *recovery well 2*

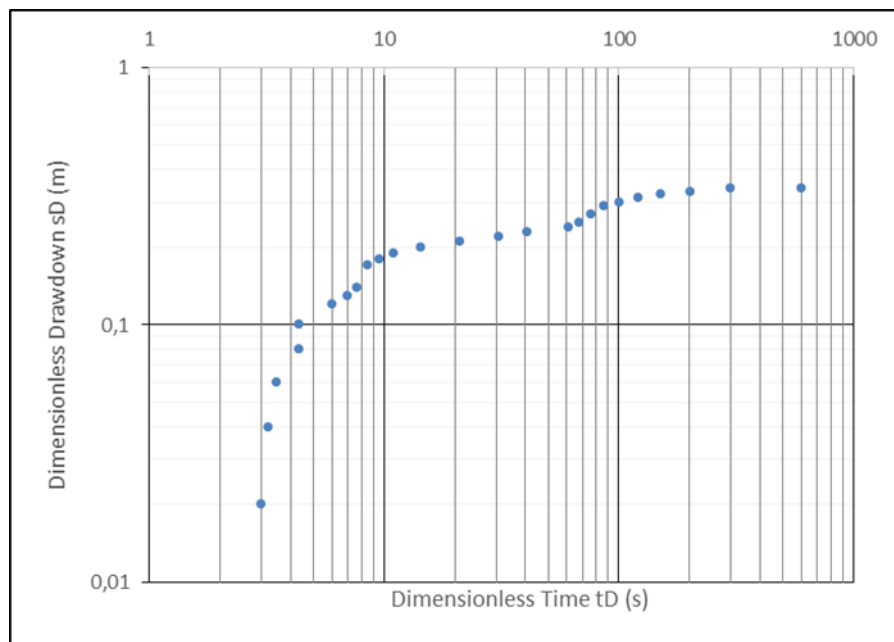
Tanggal	10/08/2021
Lokasi	Desa kalukubula
Sumur Pengamatan	Well 2
Waktu (t')	Tinggi muka air (m)
0	4.71
1	4.67
2	4.63
3	4.4
4	3.97
5	3.88
6	3.86
7	3.74
8	3.17
9	3.15
10	3.14
15	3.12
20	3.08
25	3.07
30	3.06
45	3.06
60	3.05
75	3.02
90	3.02
120	3.02
150	3.02
180	3.02
210	3.01
240	3.01
270	3.00
300	2.98
340	2.96
390	2.93

Tabel 4. 12 Data *recovery well 3*

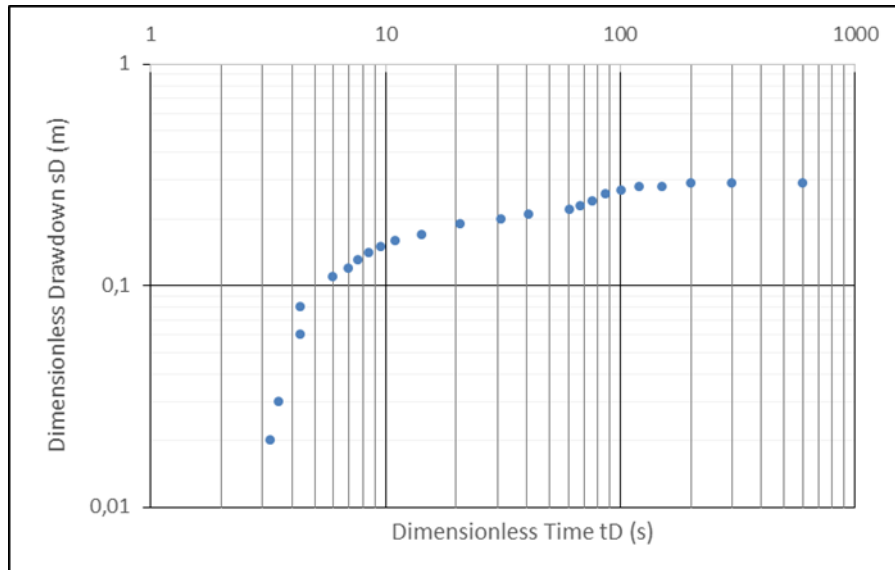
Tanggal	10/08/2021
Lokasi	Desa Kalukubula
Sumur Pengamatan	Well 3
Waktu (t')	Tinggi muka air (m)
0	4.88
1	4.81
2	4.78
3	4.64
4	4.24
5	4.23
6	4.21
7	4.07
8	3.54
9	3.52
10	3.50
15	3.47
20	3.45
25	3.44
30	3.44
45	3.43
60	3.42
75	3.41
90	3.41
120	3.40
150	3.40
180	3.39
210	3.39
240	3.38
270	3.37
300	3.35
340	3.33
390	3.31



Gambar 4. 12 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengankenaikan muka air tanah pada well 1



Gambar 4. 13 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengankenaikan muka air tanah pada well 2



Gambar 4. 14 kurva hubungan antara waktu pemompaan (t) dengan kenaikan muka air tanah pada well 3

Prosedur analisis dengan menggunakan metode *Theis Recovery* yaitu data diplot pada kertas grafik semi-log. Nilai T (transmisivitas) dihitung dengan persamaan berikut:

$$T = \frac{2,3 Q}{4 \pi \Delta s'}$$

Keterangan:

T = Transmisivitas (m²/hari)

Q = Debit pemompaan (m³/hari)

$\Delta s'$ = Selisih kenaikan muka air tanah

Sedangkan untuk mendapatkan nilai k (permeabilitas), diperoleh dari hasil bagi T (transmisivitas) dan tebal akuifer (b). Dari persamaan tersebut maka nilai T dan k pada well 1, 2 dan 3 yaitu:

$$\text{Well 1} = \frac{T = \frac{2,3}{4 \times 3,14 \times 0,44} = 136,6333 \text{ m}^2/\text{hari} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{detik}}{(328,3)}$$

$$k = \frac{136,633}{6,04} = 22,6214 \text{ m/hari}$$

$$Well \underline{2} = \frac{T - 2,3}{4 \times 3,14 \times 0,32} = 64,2640 \text{ m}^2/\text{hari} = 7 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$k = \frac{64,264}{8,15} = 7,8851 \text{ m/hari}$$

$$Well \underline{3} = \frac{T - 2,3}{4 \times 3,14 \times 0,27} = 161,1465 \text{ m}^2/\text{hari} = 1,9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$k = \frac{161,146}{8,5} = 18,9584 \text{ m/hari}$$

Debit maksimum dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q \text{ max} = 2 \times \pi \times r \times b \times \frac{\sqrt{K}}{15}$$

Keterangan:

Q = Debit

r = Jari-jari lubang

b = Tebal akuifer

k = Permeabilitas

Maka: *Well 1:* $Q = 2 \times 3,14 \times 0,032 \times \frac{6,04}{15} \times \sqrt{0,00026}$
 $Q = 1,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{detik}$

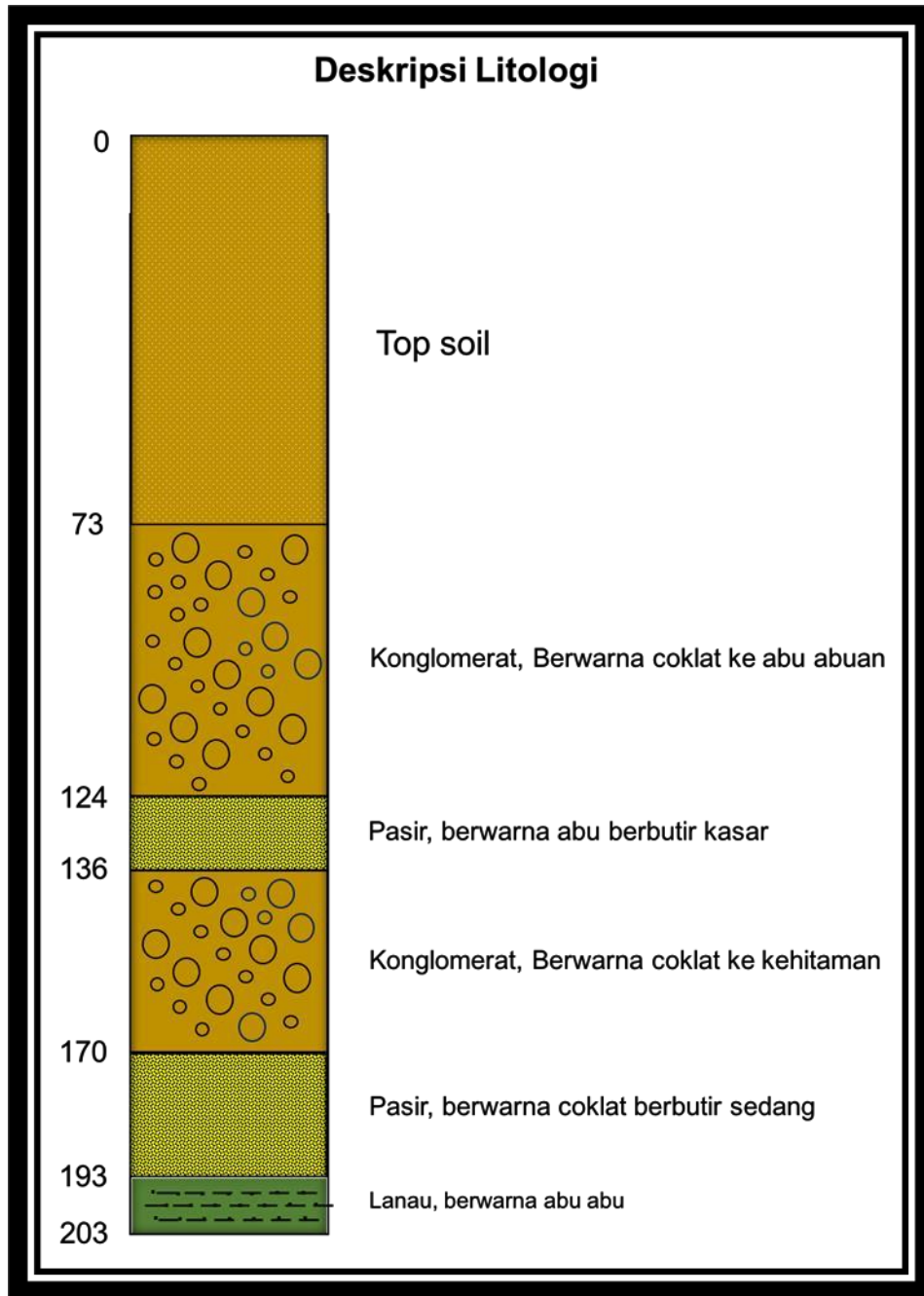
Well 2: $Q = 2 \times 3,14 \times 0,025 \times \frac{8,15}{15} \times \sqrt{0,0001}$
 $Q = 9 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$

Well 3: $Q = 2 \times 3,14 \times 0,032 \times \frac{8,5}{15} \times \sqrt{0,00022}$
 $Q = 1,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$

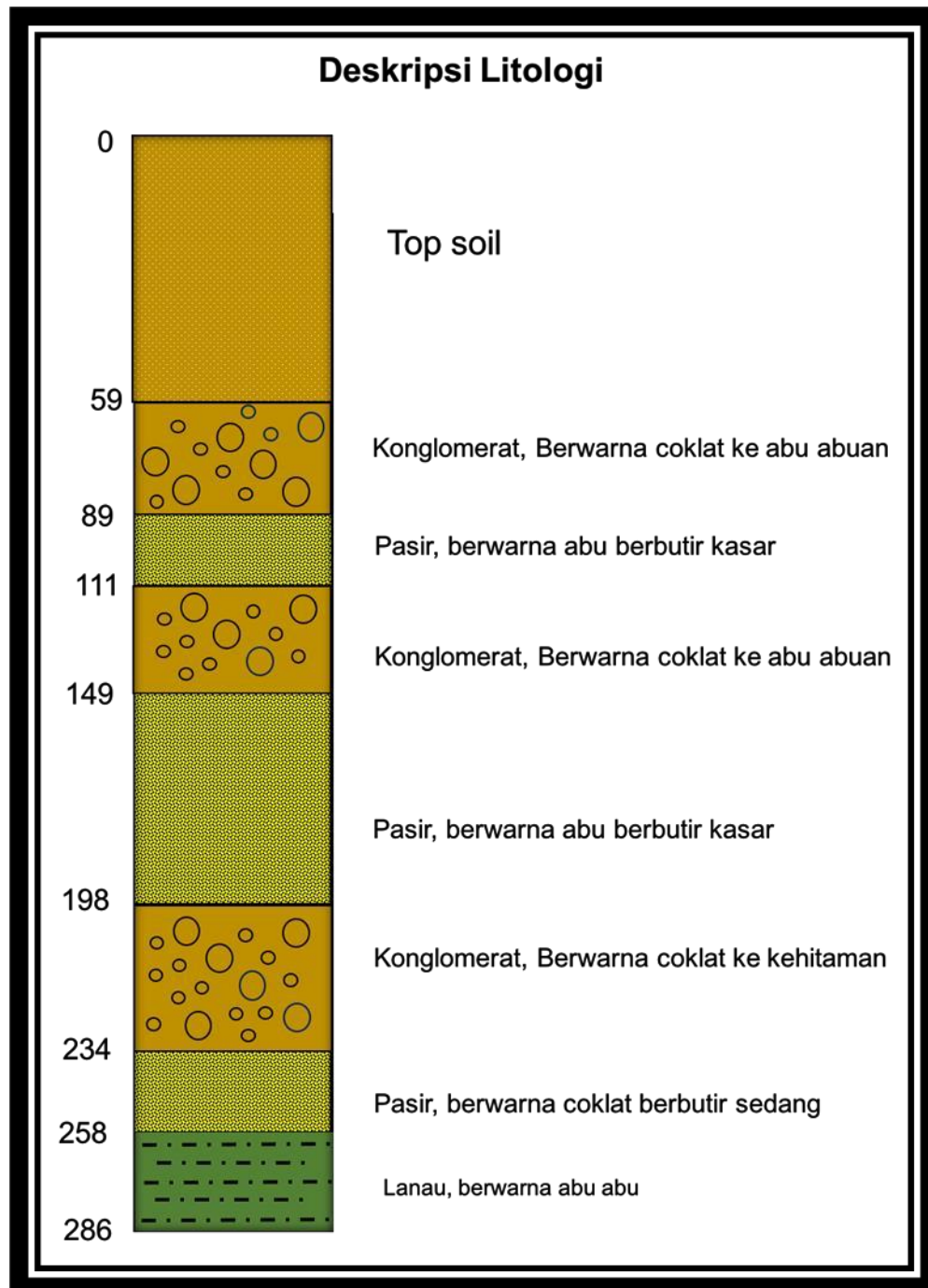
Berdasarkan perhitungan diatas maka debit maksimum sumur yang berada pada lokasi penelitian berkisar 112,3200 m³/hari.

4.3.3 Testpit

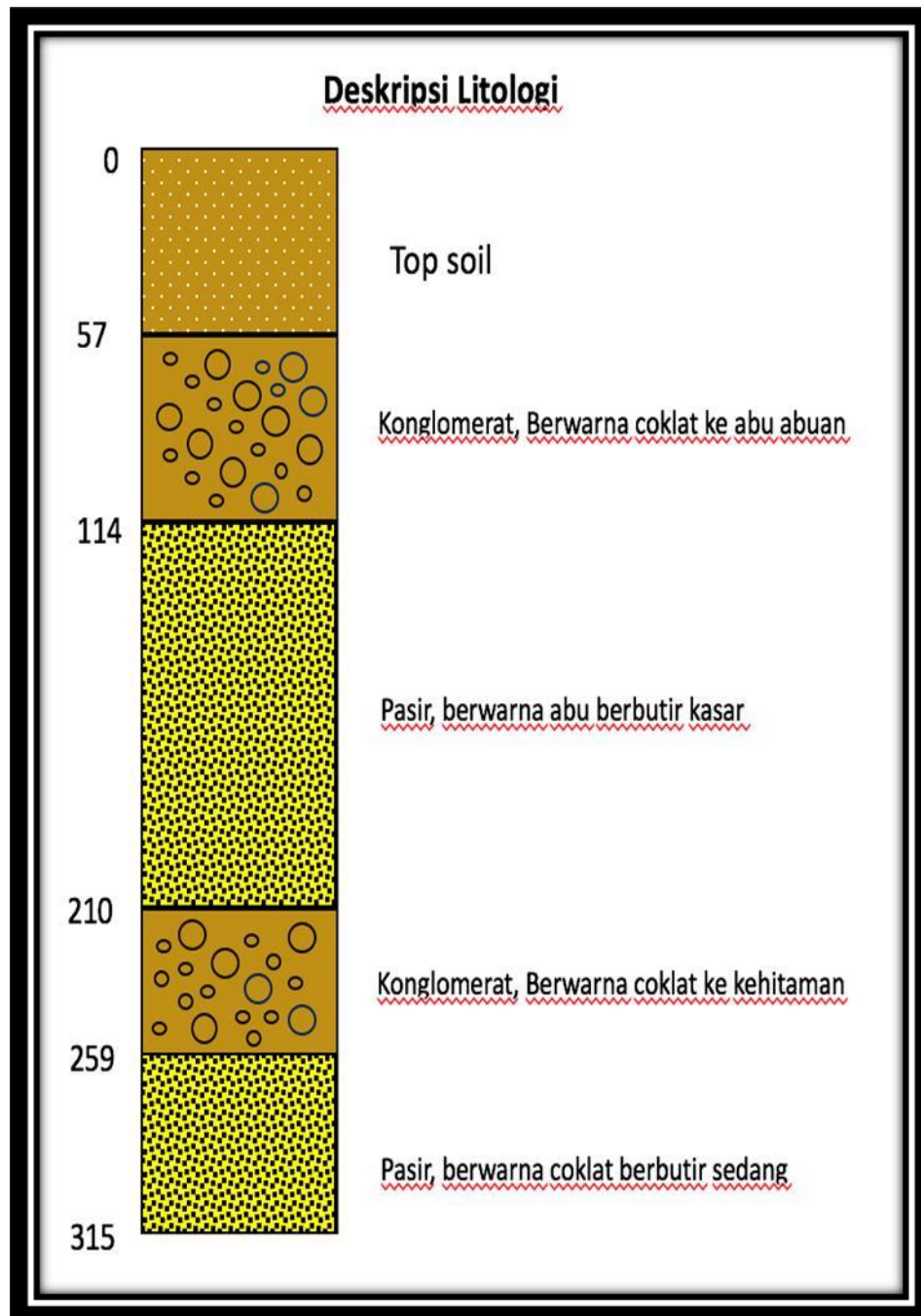
Pelaksanaan testpit dilakukan sebanyak 3 kali sesuai banyak sumur amat, dalam pengambilan data testpit ini berdekatan dengan titik sumur amat yang berjarak sekitar $\pm 5-10$ meter. Agar memperoleh data yang representative dari lapisan batuan pada masing masing lokasi. yaitu pada lokasi pertama 2,03 meter, lokasi kedua memiliki kedalaman 2,86 meter dan lokasi testpit ketiga dengan kedalaman 3,15. Hasil yang diharapkan pada testpit ini adalah untuk memperoleh urutan-urutan lapisan batuan berdasarkan data *testpit*. Penentuan lapisan akuifer dengan cara menyusun litologi batuan pada sumur amat yang didapatkan dari permukaan hingga dasar yang memiliki keterdapatan air tanah.



Gambar 4. 15 Penampang Testpit Sumur Pengamatan 1 Desa Loli.



Gambar 4. 16 Penampang Testpit Sumur Pengamatan 2 Desa Kalukubula.



Gambar 4. 17 Penampang Testpit Sumur Pengamatan 3 Desa Kalukubula.

Berdasarkan analisis data *pumping test* dan rekonstruksi litologi, maka keterdapatn air tanah pada lokasi penelitian yaitu terdapat pada kedalaman $\pm 3,15$ meter, dengan jenis lapisan yang dapat bertindak sebagai lapisan pembawa air berupa batupasir.

4.3.4 Penggunaan Air Tanah

Daerah penelitian terletak pada Desa Lolu, merupakan salah satu Desa yang berada

pada Kecamatan Sigi Biromaru Kabupaten Sigi. Desa Lolu menempati luas wilayah sebesar 5,685 km² dari 289,6 km² total luas wilayah Kecamatan Sigi Biromaru. Pemanfaatan air tanah pada penelitian ini digunakan sebagai kegiatan pertanian yang diperoleh dengan membuat sumur bor air tanah. Untuk membuat sumur bor, masyarakat setempat masih menggunakan peralatan seadanya.

Sekitar 25% dari luas daerah penelitian merupakan lahan perkebunan dan memiliki 53 sumur produksi. Dalam beberapa petak lahan biasanya dibutuhkan 1 sampai 3 sumur. Lahan yang belum ditanami atau yang akan ditanami membutuhkan waktu sekitar 24 jam dalam satu kali pengaliran. Sedangkan kebun yang sudah ditanami membutuhkan waktu lebih dari 6 jam dalam satu kali pengaliran dan dialiri setiap 2 kali dalam seminggu

Tabel 4. 13 Penggunaan air tanah pada sumur pengambilan data

ST	m ³ /menit	1 kali pemakaian	Pemakaian 1 minggu
<i>Well 1</i>	0,228	95,76	191,52
<i>Well 2</i>	0,078	32,76	65,52
<i>Well 3</i>	0,165	69,30	138,60
Rata-rata	0,157	65,94	131,88

Berdasarkan data-data diatas maka, setiap sumur membutuhkan 0,157 m³/menit. 53 sumur membutuhkan 8,3210 m³/menit. Persatu kali pemakain (420 menit) membutuhkan 3.494,8200 m³/menit. Satu minggu sumur digunakan sebanyak 2 kali pemakaian. Rata-rata sumurtelah digunakan sebanyak 52 minggu.

Jadi, debit air tanah yang telah diproduksi atau dieksploitasi dari 53 sumur produksi pada daerah penelitian sebanyak $\geq 363.461,2800$ m³ yang telah digunakan selama ± 52 minggu untuk mengalir $\pm 1,42$ km² luas lahan perkebunan yang ada pada Desa Kalukubula.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Pengujian *Pumping Test* Di sumur X,Y,Z menggunakan metode *stepdrawdown test* pada daerah Sigi Biromaru Kabupaten Sigi maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil uji pemompaan, kondisi akuifer pada daerah penelitian diperoleh nilai transmisivitas (T) 180,0010 m²/hari, storativitas $3,7 \times 10^{-3}$, specific yield $2,56 \times 10^{-2}$, konduktivitashidrolik (K) 14,5727 m/hari dan permeabilitas (k) 16,4883 m/hari. Keterdapatannya air tanah pada daerah penelitian yaitu pada kedalaman $\pm 3,15$ meter, dengan jenis lapisan yang dapat bertindak sebagai akuifer yaitu berupa batu pasir.
2. Berdasarkan Sumur yang masih aktif memproduksi maka debit air tanah yang telah dieksploitasi pada daerah penelitian sebanyak $\geq 363.461,2800 \text{ m}^3$ yang telah digunakan selama ± 52 minggu untuk mengaliri lahan perkebunan yang ada di Desa Lolu dan Kalukubula seluas $\pm 1,42 \text{ km}^2$. Nilai potensi debit air tanah pada daerah penelitian sebesar 226,0670 m³/hari dan nilai debit maximum 112,3200 m³/hari.

5.2 Saran

Dalam melakukan penelitian ini penulis masih menggunakan cara sederhana dalam pengambilan data, hal ini disebabkan karena kurangnya alat yang memadai seperti alat pengukuran muka air tanah. Untuk itu, dalam penelitian selanjutnya penulis berharap ketersediaan alat yang lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, VT, *Applied Hydrology*, 1988.
- Danaryanto, Djaendi, Harnadi, D., Mudiana, W., dan Budiyanto. 2007. *Kumpulan Panduan Teknis Pengelolaan Air Tanah*, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Badan Geologi, Pusat Lingkungan Geologi, Bandung.
- Freeze, A.R., Cherry, J.A. (1979). *Groundwater*, Whitehall Books Limited, Wellington, New Zealand.
- Hadian, M.S.D, Mardiana, U., dan Abdurahman, O. 2006. Sebaran Akuifer dan Pola Aliran Air tanah di Kecamatan Batuceper dan Kecamatan Benda Kota Tangerang, Provinsi Banten. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol.1 No.3 September 2006:115-128. Pusat Geologi Lingkungan. Bandung.
- Harjito, (2014). *Metode Pumping Test sebagai Kontrol Untuk Pengambilan Air tanah Secara Berlebihan*, Laboratorium Hidrologi dan Kualitas Air Fakultas Geografi UGM, Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan.
- Hazel, C.P., 1975, *Groundwater Hydraulics*, lectures presented to the Australian Water Resources Council's Groundwater School, Adelaide, Australia.
- Indarto. (2012). Hidrologi – Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Jakarta: Bumi Aksara.
- Jenis Akuifer. Diakses pada tanggal 12 Juni 2021 dari <http://tambangunp.blogspot.com/2013/10/jenis-jenis-akuifer.html>
- Kodoatie, Robert J., dan Roestam, Sjarief. 2010. Tata Ruang Air. Yogyakarta: Andi.
- Kruseman, G. P. and N. A. de Ridder, 1991. *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*, 2nd Edition. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 377 pp.
- Lubis, Rachma Fajar. (2010). Menentukan Sumber Air Tanah dengan Akurat.
- Luknanto. D., 1998. Pelatihan Regional Drainase, Filtrase dan Geoteknik. Aliran air dalam media Porus.

- Melvin. A., 2016. Skripsi Tugas Akhir. Analisis Parameter Akuifer Berdasarkan Data Uji Pompa Pada Daerah Gatot Subroto dan Bangka Raya Provinsi DKI Jakarta.
- Murtalaksono, K dan E.D. Wahyuni. 2004. Hubungan Ketersediaan Air Tanah dan Sifat-Sifat Dasar Fisika Tanah. Jurnal Tanah dan Lingkungan.
- Octonovrilna, L & I.P. Pudja. 2009. Analisa Perbandingan Anomaly Gravitasi dengan Persebaran Intrusi Air Asin. Jurnal Meteorologi dan Geofisika, (10)1: 39-57.
- Plummer, Cahrles, and David Mc, Geary. 1995. *Physical Geology*. OWA New York: Wm. C. Brown Publisher.
- Prastistho, B. dan Tim,. 2018, Hubungan Struktur Geologi dengan Sistem Air Tanah,. UPN “Veteran” Yogyakarta
- Pusat Lingkungan Geologi. 2006. *Kumpulan Panduan Teknis Pengelolaan Air tanah*. Pusat Lingkungan Geologi. Bandung.
- Rachman. A, Yuwanto. H.S, Bahar. H. 2020. Analisis Kualitas Air Tanah Berdasarkan Jenis Kandungan Kimia Fisik Air Pada Akuifer Bebas Cekungan Air Tanah (Cat) Palu Di Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah. *Prosiding, Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMATAN II)*, Vol. 2, No. 1 Juli 2020:2686-0651. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS).
- Seyhan, (1990). *Dasar-dasar Hidrologi* .Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Seyhan, Ersin, 1990, Dasar-dasar Hidrologi, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Siklus Hidrologi. Diakses pada tanggal 12 Juni 2021 dari <https:jagoanilmu.net/siklus-hidrologi-beserta-gambarnya>.
- Soehaimi, A., 1985. Laporan Pemeriksaan Gempabumi Lawe, 5 Maret 1985 Sulawesi Tengah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, internal report, tidak terbit.
- Soetrisno, S. 1995. Air tanah dan Permasalahannya. *Prosiding Makalah Kursus Singkat Pengelolaan Air tanah Angkatan I Yogyakarta*, 6-15 Juli 1994. UGM. Yogyakarta.
- Sudarsono, Untung, (1998). *Prosedur Pompa Uji*, Buletin Geologi Tata Lingkungan (Bulletin of Environmental Geology) , No. 23, Juni

1998 pp. 40-54.

Sukamto, R.,. (1973). Peta Geologi Tinjau Lembar Palu, Sulawesi, 1:250.000.

Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Suparmoko, M. (2008). Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan (Suatu Pendekatan Teoritis). Penerbit BPPE: Yogyakarta.

Todd, D.K., et al. 2005. *Groundwater Hydrology, Third Edition*. NewYork: John Wiley & Sons.

Triatmodjo, Bambang. 2014. Hidrologi Terapan. Beta Offset.

Yogyakarta Wuryantoro. 2007. Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan

Jenis Untuk

Menentukan Letak Dan Kedalaman Aquifer Air Tanah (Studi Kasus di Desa Temperak Kecamatan Sarang Kabupaten Rembang Jawa Tengah). UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG.

Zeffitni. 2010. Agihan Keruangan Potensi Air tanah di Cekungan Air tanah Palu Provinsi Sulawesi Tengah. *Disertasi*. Fakultas Geografi. UGM. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Dokumentasi Kegiatan Lapangan



Foto 1. Persiapan pengambilan data stasiun 1



Foto 2. Pengambilan data drawdown pada stasiun 1



Foto 3. Pengambilan data recovery pada stasiun 1



Foto 4. Pengambilan data *testpit* pada stasiun 1



Foto 6. Pengambilan data debit pada stasiun
2



Foto 7. Pengambilan data *drawdown* pada
stasiun 2



Foto 8. Pengambilan data *testpit* pada stasiun
2



Foto 9. Pengambilan data debit pada stasiun
3



Foto 10. Pengambilan data *drawdown* pada stasiun 3



Foto 11. Pengambilan data *recovery* pada stasiun 3