

SKRIPSI

**UJI EXPERIMENTAL PENGARUH PERUBAHAN MUKA AIR
SUNGAI TERHADAP REMBESAN**



Oleh :

FAISAL
105 81 2181 14

MUHAMMAD ZUL ABRAR
105 81 2199 14

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2018**



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama FAISAL dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2181 14 dan MUHAMMAD L ABRAR.T dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2199 14, dinyatakan diterima dan sahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0007/SK-Y/22201/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan dan Sanitasi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 26 Mei 2018

Makassar, 12 Ramadhan 1439 H
28 Mei 2018 M

Panitia Ujian :

Pengawas Umum

1. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

Penguji

1. Ketua : Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna S, MSC., M.Eng

2. Sekretaris : Andi Makbul Syamsuri, ST., MT

3. Anggota : 1. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Si

2. Amrullah Mansida, ST., MT

3. Ir. Mahmuddin, ST., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. H. Maruddin Laining, MS


Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT

Dekan



Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

NBM : 855 500



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH PERUBAHAN MUKA AIR SUNGAI TERHADAP REMBESAN**

Nama : FAISAL
MUHAMMAD ZUL ABRAR.T

Stambuk : 105 81 2181 14
105 81 2199 14

Makassar, 28 Mei 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Ir. H. Maruddin Laining, MS

Pembimbing II

Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Muh. Syafaat S. Kuba, ST., MT

NBM : 975 288

UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH PERUBAHAN MUKA AIR SUNGAI TERHADAP REMBESAN

Faisal¹⁾, Muhammad Zul Abrar²⁾

¹Program Studi Sipil Pengairan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
Jl. Sultan Alauddin No.259, Makassar 90221, Indonesia
Email : icalfaisal381@gmail.com Muh.zul01234@gmail.com

ABSTRAK

Pada kasus-kasus actual, penelitian mengenai kondisi air tanah adalah sukar untuk dilakukan karena kondisi system aquifer didalam tanah sangat rumit, namun dapat diprediksi dan dipelajari keberadaannya. Pada musim hujan kandungan air pada aquifer meningkat sedangkan pada musim kemarau kandungan air menurun atau tidak ada sama sekali. Sesuai dengan persamaan rembesan hukum *Darcy*, suatu aliran sungai yang terjadi di atas tanah dipengaruhi oleh gradien hidrolis, yang mana dipengaruhi oleh beda tinggi atau elevasi muka air sungai. Penelitian ini dilakukan dilaboratorium hidrolika dengan menggunakan alat Open Channel. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh ketinggian elevasi muka air sungai terhadap rembesan. Untuk mengetahui pengaruh waktu rembesan terhadap volume rembesan pada tiap jarak muka air. Hukum *Darcy* digunakan untuk mengetahui pengaruh ketinggian elevasi muka air sungai terhadap rembesan dilakukan dengan pendekatan menghitung lama waktu rembesan yang terjadi. Hasil perhitungan menunjukkan perubahan penurunan kedalaman rembesan cenderung signifikan karena dipengaruhi oleh waktu rembesan antara 0 – 5, 5 – 45, dan 45 – 60 menit. Akan tetapi pada tiap jarak muka air, semakin lama waktu rembesan maka volume rembesannya semakin besar.

Kata Kunci : waktu rembesan, muka air sungai, kedalaman rembesan

ABSTRAK

In actual cases, research on groundwater conditions is difficult to do because the condition of the aquifer system in the soil is very complicated, but it can be predicted and learned about its existence. In the rainy season the water content of the aquifer increases while in the dry season the water content decreases or does not exist at all. In accordance with the Darcy law law equation, a river stream occurring on the ground is affected by a hydraulic gradient, which is influenced by the height difference or river water level. This research was conducted in collaboration of hydraulics using Open Channel tool. The purpose of this study was to determine the effect of elevation of river water level to seepage. To know the effect of seepage time on seepage volume at each water level. Darcy's law is used to determine the effect of elevation of river water level to seepage done by calculating the time period of seepage that occurs. The calculation results show that the decrease of seepage depth tends to be significant because it is affected by the seepage time between 0-5, 5-45, and 45-60 minutes. However, at each face of water, the longer the seepage the greater the volume of seepage

Keywords : time of seepage, river water level, depth of seepage.

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena rahmat dan Karunia-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus di tempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah : **“UJI EXPERIMENTAL PENGARUH PERUBAHAN MUKA AIR SUNGAI TERHADAP REMBESAN”**.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran serta perbaikan guna kesempurnaan penulisan ini agar kelak dapat bermanfaat terutama bagi penulis sendiri.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada : Bapak H. Ir. Maruddin Laining, MS selaku pembimbing I dan Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, MT selaku pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami, tak lupa pula kami mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Hamzah Al Imran., MT. sebagai Dekan Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Muh. Syafaat, S. Kuba, ST., MT sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Pegawai Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan dan kasih sayang, doa dan pengorbanannya terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan proses perkuliahan.

5. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus angkatan 2014 (Vektor) , serta teman-teman yang tidak sempat saya sebut namanya yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara, Aamiin

Makassar, 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
LAMPIRAN DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
D. Batasan Masalah	4
E. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Air Permukaan	6
B. Air Tanah.....	8
C. Fluktuasi.....	16

D. Rembesan Air Tanah	19
E, Sifat dan Klasifikasi Tanah	23

BAB III METODELOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian	26
B. Jenis Sumber Data	27
C. Alat dan Bahan Penelitian	27
D. Metode Penelitian	30
E. Variabel yang di Teliti	31
F. Teknik Analisis Data	31
G. Bagan dan Alur Penelitian	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	34
B. Analisis Penelitian.....	37
C. Pembahasan Penelitian.....	46

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	48
B. Saran.....	49

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1. Sistem Klasifikasi AASHTO.....	25
Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah.....	35
Tabel 3. Perhitungan Ketebalan Rembesan.....	36
Tabel 4. Tingkat Rembesan Pada Titik 1 Ketinggian Muka Air tanah H5.....	37
Tabel 5. Tingkat Rembesan Pada Titik 2 Ketinggian Muka Air tanah H8.....	40
Tabel 6. Tingkat Rembesan Pada Titik 3 Ketinggian Muka Air tanah H11.....	43

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Skema Aliran Air Permukaan.....	6
Gambar 2. Sketsa Pola Aliran Air Permukaan.....	11
Gambar 3. Kedalaman Genangan dan Tebal Lapis Jenuh.....	17
Gambar 4. Foto Model Sungai pada Alat <i>Open Channel</i>	26
Gambar 5. Bagan dan Alur Penelitian.....	33
Gambar 6. Tingkat Rembesan pada Titik 1 Ketinggian Muka Air Tanah H_5	33
Gambar 7. Tingkat Rembesan pada Titik 2 Ketinggian Muka Air Tanah H_5	38
Gambar 8. Tingkat Rembesan pada Titik 3 Ketinggian Muka Air Tanah H_5	38
Gambar 9. Tingkat Rembesan pada Titik 1 Ketinggian Muka Air Tanah H_B	41
Gambar 10. Tingkat Rembesan pada Titik 2 Ketinggian Muka Air Tanah H_B	41

Gambar 11. Tingkat Rembesan pada Titik 3 Ketinggian Muka Air Tanah	
H_g	41
Gambar 12. Tingkat Rembesan pada Titik 1 Ketinggian Muka Air Tanah	
H_{11}	44
Gambar 13. Tingkat Rembesan pada Titik 2 Ketinggian Muka Air Tanah	
H_{11}	44
Gambar 14. Tingkat Rembesan pada Titik 3 Ketinggian Muka Air Tanah	
H_{11}	44

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

V	=	Isi (<i>volume</i>) (cm^3)
V _w	=	Isi air (<i>volume of water</i>) (cm^3)
V _v	=	Isi pori/rongga (<i>volume of void</i>) (cm^3)
V _s	=	Isi butir-butir padat (<i>volume of solid</i>) (cm^3)
W	=	Berat tanah (<i>weight of air</i>)
W _a	=	Berat udara (<i>weight of air</i>)
W _w	=	Berat air (<i>weight of water</i>) (gr)
W _s	=	Berat butir-butir padat (<i>weight of solid</i>) (gr)
k	=	Koefisien permeabilitas (cm/detik)
a	=	Luas potongan melintang (cm^2)
I	=	Panjang sampel (cm)
A	=	luas potongan melintang sampel (cm^2)
h _i	=	Tinggi air mula-mula (cm)
h _f	=	Tinggi air akhir percobaan (cm)
t	=	waktu pengujian (detik)
q	=	Kecepatan aliran
i	=	Gradien hidrolik
A	=	Luas penampang aliran
K	=	Sifat fisik tanah yang disebut koefisien rembesan atau koefisien permeabilitas.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air tanah merupakan salah satu sumber air yang baik dan bersih dan air ini dibandingkan dengan sumber air lainnya. Kebutuhan air tanah selalu meningkat sesuai dengan pertumbuhan penduduk. Air tanah memiliki sifat dan karakteristik tertentu baik dalam pola pergerakannya, reabsorpsi dan sebagainya. Oleh karena itu diperlukan kajian komprehensif tentang tingginya air tanah dan pergerakannya akan air tanah diketahui kuantitas dan siklus hidrologinya. Pengambilan air menimbulkan perubahan dalam tekanan pori-pori air dan biasanya berakibat dalam penurunan tanah sehingga dalam pengambilan air tanah perlu dilakukan studi terlebih dahulu. Adanya kenyataan bahwa air tanah mengalir dengan pola pergerakan tertentu, dan kecepatan aliran tertentu serta adanya perbedaan karakteristik air tanah antara suatu media permeable dengan media permeable lainnya. Pada kasus-kasus actual dilapangan, penelitian mengenai kondisi air tanah adalah sangat penting dilakukan, sehingga mempelajari lebih lanjut mengenai media atau karakteristik air tanah perlu adanya penelitian yang dimodelkan di

laboratorium. Kondisi sistem akuifer di dalam tanah sangat in amun dapat dipelajari dan diprediksi keberadaannya. Padahal air sangat dibutuhkan dari waktu ke waktu untuk mendukung kehidupan makhluk hidup di bin (Asdak, C. 2002)

Air permukaan yaitu air yang terdapat di atas tanah atau di atas air, sungai, danau, lahan basah, atau laut. Air permukaan berhubungan dengan air bawah tanah. Secara alami melalui proses *Precipitasi* dan secara alami berkurang melalui penguapan dan rembesan ke bawah permukaan sehingga menjadi air bawah tanah. (Asdak, C. 2002)

Konduktivitas hidrolika tanah dapat digambarkan sebagai kemampuan tanah dalam meloloskan air merupakan hal yang sangat penting dan berperan dalam aliran air permukaan dan air tanah yang menjadi suatu masalah yang harus diteliti dalam penelitian ini.

DAS Maros merupakan salah satu daerah aliran sungai di Provinsi Sulawesi Selatan yang sebagian besar berada dalam administrasi yang terletak pada LS $5^{\circ}7'41.37''$, BT $119^{\circ}38'19,20''$ kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros serta satu dari tiga DAS besar yang berada pada Kawasan Strategis Nasional (KSN) MAMINASATA (Makassar, Maros, Sungguminasa dan Takalar) selain DAS Jeneberang dan DAS Tallo.

Sungai senantiasa memiliki hubungan yang erat dengan kehidupan kita sehari-hari. Selain dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik

,sungai juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya air untuk kebutuhan irigasi, penyedia air untuk kebutuhan industri dan lain sebagainya, sungai yang itu merupakan salah satu faktor yang menyebabkan banjir.

Di Kabupaten Maros, banjir terjadi karena kondisi sungai Maros tidak sanggup lagi menampung debit air karena pengaruh angkutan sedimen aliran sungai. Hal ini disebabkan karena kondisi sistem kawasan hutan disekitar hilir yang merupakan “*batu*” tidak berfungsi sebagai penampung. Akibatnya ikatan tanah yang tidak kuat lagi ikut mengalir sebagai lumpur.

Untuk mengetahui pengaruh perubahan muka air sungai terhadap rembesan, maka dari itu kami mengangkat judul ini **UJI EKSPERIMEN PENGARUH PERUBAHAN MUKA AIR SUNGAI TERHADAP REMBESAN** .

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka rumusan masalah penelitian ini adalah ;

- a) Bagaimana pengaruh ketinggian elevasi muka air sungai terhadap rembesan?
- b) Bagaimana pengaruh waktu rembesan terhadap volume rembesan pada tiap jarak muka air?

C. Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah ;

- a) Untuk mengetahui pengaruh ketinggian elevasi air sungai terhadap rembesan
- b) Untuk mengetahui pengaruh waktu rembesan terhadap rembesan pada tiap jarak air

D. Batasan Masalah

Dalam memberikan penjelasan dari permasalahan yang ada dalam menganalisa, maka terdapat batasan masalah yang diberikan pada penulisan akhir mengenai pengaruh perubahan air sungai terhadap rembesan terdiri dari :

- a) Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Mekanika tanah dan Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
- b) Material dasar adalah jenis tanah berbutir kasar dan berbutir halus yang diambil pada sekitar sungai Maros
- c) Alat yang digunakan "1 set open channel"
- d) Material tanah yang lolos saringan No.4
- e) Parameter kondisi lapangan
- f) Parameter kondisi laboratorium

E. Sistematika Penulisan

Susunan dari sistematika dalam proposal ini dapat diuraikan sebagai berikut ;

Bab I Pendahuluan, yang berisikan penjelasan tentang materi pembahasan yakni Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Batasan Masalah dan Sistematika Penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka, yang berisikan kajian literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah yang dikaji dalam penelitian ini.

Bab III Metodologi Penelitian, yang menguraikan secara lengkap mengetahui metodologi yang digunakan dalam penelitian.

Bab IV Hasil Penelitian dan pembahasan mengenai hasil masalah diuraikan berdasarkan teori-teori yang ada di dalam Bab II.

Bab V Penutup kesimpulan dan saran, Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran dan pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang terdapat di atas tanah atau di atas air sungai, danau, lahar basah, atau laut yang berhubungan dengan air bawah tanah. Air permukaan (water surface) secara alam terisi melalui presipitasi dan secara alam berkurang melalui penguapan dan reboisasi ke bawah permukaan sehingga menjadi air bawah tanah. Air permukaan perlu dikelola agar tidak menimbulkan bencana alam tetapi dapat dimanfaatkan secara prima dan lestari. Air permukaan sendiri juga dapat dilihat secara visual dengan tidak menggunakan peralatan tertentu. (Asdak, C. 2002)



Gambar 1. Skema aliran air permukaan (Asdak C, 2002)

a).Bagian-bagi air permukaan yaitu :

Air permukaan adalah air yang terdapat di atas tanah atau air sungai, danau, lahan basah, atau laut yang berhubungan langsung dengan air bawah tanah (Asdak, C 2002)

(a) Sungai

Merupakan bagian permukaan bumi yang letaknya lebih rendah dari tanah disekitarnya dan menjadi tempat mengalirnya air tawar ke laut, danau, rawa atau ke sungai yang lain. Bagian sungai bisa dikategorikan menjadi tiga yaitu bagian hulu, tengah, dan hilir. (Effendi.H 2003)

(b) Danau

Merupakan cekungan besar pada permukaan bumi yang terisi air, baik tawar maupun asin, dan di sekitar cekungan di kelilingi oleh daratan. (P. Ginting dan Effendi. H, 2003)

(c) Laut

Merupakan salah satu unsur yang memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia, hal ini lantaran didalam laut terdapat kekayaan yang bisa dimaksimalkan dalam kehidupan. (M. Daud Silalahi, 2001)

(d) Lahan Basah

Merupakan wilayah yang digenangi air atau memiliki kandungan air yang tinggi.baik permanen maupun musiman. Ekosistemnya mencakup

rawa, danau, mangrove, hutan bakau, hutan banjir, limpasan banjir, pesisir, sawah, hingga terumbu karang. Lahan ini berada di perairan tawar, payau, maupun asin, proses pembentukannya biasa alami maupun buatan. (Paul A. Keddy 2010)

B. Air Tanah

Segala bentuk aliran air hujan yang mengalir di bawah permukaan tanah sebagai akibat perbedaan lapisan geologi, beda potensi kelembapan tanah, dan gaya gravitasi bumi. Air bawah permukaan tersebut biasa dikenal dengan air tanah. (Asdak, C. 2002). Sedangkan menurut (Soemarto, 1989). Air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi. Lapisan tanah yang terletak dibawah permukaan tanah dinamakan lajur jenuh (Saturated zone), dan lajur tidak jenuh terletak diatas lajur jenuh sampai ke permukaan tanah, yang rongga-rongganya berisi air dan udara. Air tanah yang ada di bumi berjumlah sekitar $\pm 97\%$ dari total air tawar yang ada hampir di setiap permukaan bumi di jumpai air tanah, bahkan dibawah gurun pasir yang sangat keringpun terdapat air tanah, begitu juga dibawah tanah yang membeku dan tertutup salju atau es terdapat air tanah. Sumbangan terbesar air tanah berasal dari daerah arid dan semi arid serta daerah lain yang mempunyai formasi paling sesuai untuk menampung air tanah (Asdak, C 2002).

Air tanah juga merupakan sumber daya alam yang terbarukan (*renewable*) dan memainkan peranan penting pada penyediaan pasokan kebutuhan air untuk berbagai keperluan. Mengingat peranan air bawah tanah yang vital, maka pemanfaatan air tanah harus berwawasan lingkungan.

Air yang kita gunakan sehari-hari telah menjalani siklus teoritik, yaitu telah melalui proses penguapan (*evaporation*) dari laut, danau, sungai, lalu mengalami kondensasi di atmosfer, dan kemudian menjadi hujan yang turun ke permukaan bumi. Air hujan yang turun di permukaan bumi tersebut ada yang langsung mengalir di permukaan bumi (*runoff*) dan ada yang meresap ke bawah permukaan bumi (*infiltration*). (Marta dan Adidar, 1983)

Air ini dapat tersimpan dan mengalir pada lapisan batuan yang kita kenal dengan akuifer. Akuifer adalah lapisan bawah tanah yang mengandung air dan mengalirkan air. Hal ini disebabkan karena lapisan tersebut bersifat permeable yaitu mampu mengalirkan air baik karena adanya pori-pori pada lapisan tersebut ataupun memang sifat dari lapisan tertentu (Herlanang, 2005). Berdasarkan kadar kedap air dari batuan yang melingkupi akuifer (Kruss dan Ridder, 1970) dan (Utay, 1990), yaitu :

a). Tipe-Tipe Akuifer

Menurut Krussam dan Ridder (1970) dan Utay (1990) bahwa
 macam -macam aquifer sebagai berikut:

- (a) Akuifer Bebas (*Unconfined Aquifer*) lapisan air yang hanya sebagian terisi dan berada di atas lapisan kedap air. Permukaan tanah pada aquifer ini disebut dengan *water table* (preatik level), yaitu permukaan air yang pada tekanan hidrostatik sama dengan atmosfer.
- (b) Akuifer Tertekan (*Confined Aquifer*) yaitu akuifer yang seluruh airnya dibatasi oleh lapisan kedap air, baik yang di atas maupun di bawah, serta pada tekanan jenuh lebih besar dari pada tekanan atmosfer.
- (c) Akuifer Semi Tertekan (*Semi Confined Aquifer*) yaitu akuifer yang seluruhnya jenuh air dimana bagian atasnya dibatasi oleh lapisan semilolos air dibagian bawahnya merupakan lapisan kedap air.
- (d) Akuifer Semi Bebas (*Semi Unconfined aquifer*) yaitu akuifer yang bagian bawahnya merupakan lapisan kedap air, sedangkan bagian atasnya merupakan material berbutir halus, sehingga pada lapisan penutupnya masih memungkinkan adanya gerakan air. Dengan demikian akuifer ini merupakan peralihan antara akuifer bebas dengan akuifer semi tertekan.

b). Gerakan Dan Aliran Air Tanah

Pergerakan air tanah merupakan bagian dari siklus hidrologi dan pergerakan air tanah relative lambat. Secara detail gerakan air tanah sangat sulit diketahui, akan tetapi secara sederhana yaitu satu gerakan yang didorong oleh gaya berat ditahamleh gaya gesekan pada medium yang porous (ErsinSyehan, 1995:285). Perbedaan potensi kelembaban yaitu potensi kelembaban tinggi dan potensi kelembaban rendah dapat menyebabkan gerakan air tanah (Asdak, 2002 : 255).

Pembeda kedua aliran ini yang utama adalah pada nilai permeabilitasnya. Nilai permeabilitas dalam tanah homogen atau dalam hal ini adalah konduktivitas hidrolis dianggap konsta. Hal ini tidak terjadi pada aliran tidak jenuh yang konduktivitas hidrolisnya tergantung pada kadar air.



Gambar 2. Skema aliran air permukaan dan air tanah. (Asdak, C 2002)

c). Jenis-Jenis Air Tanah

Air tanah merupakan salah satu sumber daya air yang tidak dan eksistensinya terbatas, serta kerusakannya dapat mengakibatkan dampak yang luas, dan upaya pemulihannya tidak dan mahal dilakukan.

Sebelum dilakukan eksploitasi terhadap cadangan air tanah, harus dipahami terlebih dahulu jenis dan karakteristik dari pada air tanah yang akan dieksploitasi.

Ada beberapa jenis tanah yang pengklasifikasinya berdasarkan letak dan kondisinya di dalam lapisan tanah. Jenis-jenis air tanah (Herlanang, 2005) dapat dibedakan atas:

- (a) Air Tanah Freatis, merupakan air tanah dangkal, yang terletak di antara air permukaan dan lapisan kedap air (*pile layer*).
- (b) Air Tanah Arteis, merupakan air tanah dalam yang terletak diantara lapisan akuifer dengan lapisan batuan kedap air (akuifer tertekan).
- (c) Air Tanah Meteorit, merupakan air tanah yang berasal dari proses prepitasi (hujan) dari awan, yang mengalami kondensasi bercampur debu meteorit.
- (d) Air Tanah Baru (*juvenile*), merupakan air tanah yang terbentuk dari dalam bumi karena intrusi magma. Air tanah juvenile biasanya ditemukan dalam air panas (*geyser*).
- (e) Air Konat, merupakan air tanah yang terjebak pada lapisan batuan purba sehingga sering disebut *fossil water*.

d). Koefisien Permeabilitas Tanah

Permeabilitas didefinisikan sebagai sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori. Pori-pori tanah saling berhubungan antara satu dengan yang lain, sehingga air dapat mengalir dari titik dengan energi yang tinggi, sehingga air dapat mengalir dari titik dengan energi tinggi ke titik dengan energi yang lebih rendah. Untuk tanah, permeabilitas dituliskan sebagai sifat tanah yang mengalirkan air melalui rongga pori tanah. Di dalam tanah, sifat aliran mungkin laminar atau turbulen. Tahanan terhadap aliran bergantung pada jenis tanah, ukuran butiran, bentuk butiran, rapat massa, serta bentuk geometri rongga pori. Temperatur juga sangat mempengaruhi tahanan aliran (kekentalan dan tegangan permukaan). Walaupun secara teoritis, semua jenis tanah lebih atau kurang memiliki rongga pori, dalam praktik, istilah sudah meloloskan air (*permeable*), ditunjukkan tanah yang memang benar-benar memiliki sifat meloloskan air. Sebaliknya tanah disebut kedap air (*impermeable*), bila tanah tersebut memiliki kemampuan meloloskan air yang sangat kecil, sehingga konsep dasar rembesan dari energi tinggi dan kehilangan energi ketika air mengalir melalui tanah telah disebutkan ketika air mengalir melalui medium berpori seperti tanah akan terjadi kehilangan energi yang terserap oleh tanah (Asdak, 2002).

Koefisien permeabilitas bergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan ketebalan tanah. Secara garis besar, semakin kecil ukuran partikel, semakin kecil pula ukuran pori dan semakin rendah koefisien permeabilitasnya. Berarti suatu lapisan tanah berbutir kasar yang mengandung butiran-butiran halus memiliki harga koefisien yang lebih rendah dan pada tanah ini koefisien permeabilitas merupakan fungsi angka pori. Kalau tanah berlapis-lapis permeabilitas aliran sejajar lebih besar dari pada permeabilitas tegak lurus.

e). Faktor Yang Mempengaruhi Permeabilitas

- (a) Tekstur, tekstur sangat mempengaruhi permeabilitas tanah. Hal ini dikarenakan permeabilitas itu adalah melewati tekstur tanah. Misalnya tanah yang bertekstur pasir akan mudah dilewatkan air dalam tanah (Sutrisno, 2004).
- (b) Struktur, juga mempengaruhi permeabilitas. Semakin banyak ruang antar struktur, maka semakin cepat juga permeabilitas dalam tanah tersebut. Misalnya tanah yang berstruktur lempung akan sulit dilewati oleh air dari pada berstruktur lemah (Sutrisno, 2004).
- (c) Porositas, porositas atau ruang pori adalah rongga antartanah yang biasanya diisi air atau udara. Pori sangat menentukan sekali dalam

permeabilitastanah, semakin besar pori dalam tanah tersebut, maka semakin cepat pula permeabilitas tanah tersebut (Sutrisno, 2004).

(d) Viskositas, viskositas sama juga dengan kekentalan air, semakin kental air tersebut, maka semakin sulit juga air menembus tanah tersebut (Sutrisno, 2004).

(e) Gaya gravitasi, gaya gravitasi berpengaruh terhadap tanah, karena permeabilitas adalah gaya yang masuk ke tanah dengan gaya gravitasi (Isaac Newton (1642 - 1727)).

f). Faktor Yang Dipengaruhi Permeabilitas

(a) Drainase

Merupakan serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan sehingga lahan dapat dioptimalkan secara maksimal (Uman Suandi, 2015).

(b) Infiltrasi

Merupakan proses peristiwa masuk air ke dalam tanah, (tetapi tidak pasti) melalui permukaan dan secara vertikal (Arsyid, 2010)

(c) Evaporasi

Proses Perubahan molekul dalam keadaan cair menjadi gas atau penguapan (Sudjarwadi, 1990).

(d) Erosi

Erosi tanah merupakan penyingkiran dan pengangkutan bahan dalam bentuk larutan atau suspensi dari tapak semula oleh pelaku berupa air mengalir (aliran limpasan), es bergerak atau angin (Tejoyuwono Notohadiprawiro, 1998).

h). Pendatan Tanah

Merupakan usaha untuk memadatkan tanah (mengurangi ruang pori) dengan cara mekanis yaitu dengan menumbuk, menggilas, atau mengetarkan tanah (Bambang Surendro, 2014).

C. Fluktuasi

Merupakan kondisi atau keadaan yang tidak stabil, yang menunjukkan gejala yang tidak tetap dan selalu berubah-ubah. Fluktuasi pada permukaan tanah juga mengakibatkan penurunan muka air tanah (Triatmodjo, 2010).

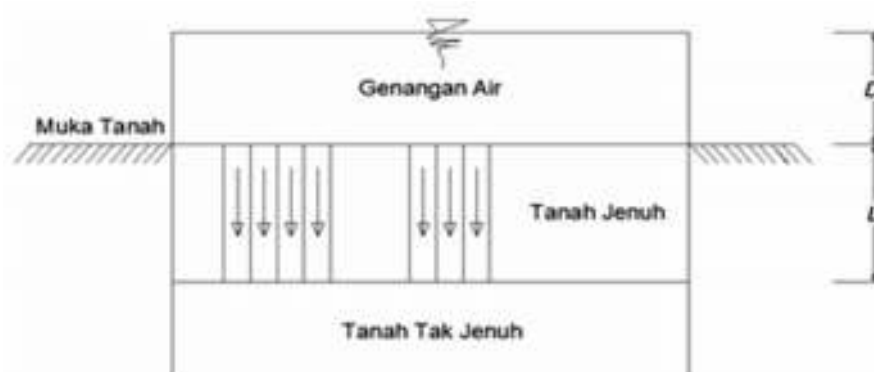
a) Fluktuasi Suhu Tanah

Suhu tanah beragam dalam suatu pola yang khas yang didasari harian maupun dasar musiman. Kedua fluktuasi terbesar pada permukaan tanah dan menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah. Suatu defenisi yang baik dari perubahan musim terjadi karena adanya perubahan yang lambat dari suhu tanah musiman. Di bawah kedalaman sekitar 3 m sedikit tetap. Fluktuasi suhu terbesar berada di antara udara dan tanah daripada udara di atas atau dibawah tanah.

Pada kebanyakan permukaan bumi, suhu tanah harian jarang mengalami perubahan pada kedalaman 20 inchi (51 cm) t api dibawah kedalaman tersebut tanah akan mengalami perubahan yang secara lambat menunjukkan perubahan derajat suhu sekitar 2° F (Donahue dkk, 1977).

Suhu tanah bervariasi secara berkelanjutan. Di permukaan tanah, pada malam hari panas yang telah hilang menghasilkan suhu yang menurun mencapai titik minimum dan ketika ada matahari suhu tanah yang minimum tersebut meningkat. Dengan bantuan sinar matahari, tanah memulai menyimpan energi yang kemudian menghilang, disebabkan suhu meningkat. Proses tersebut akan terus berkelanjutan hingga sore hari atau intensitas radiasi yang mengalami kemunduran disebabkan karena jumlah energi yang diterima menurun hingga hilang sama sekali dari permukaan tanah (Bouwer Hausenbuiller, 1978).

(a) Kedalaman genangan dan tebal lapisan jenuh



Gambar 3. Kedalaman genangan dan tebal lapisan jenuh (Triatmodjo, 2010)

Dalam gambar diatas air yang tergenang diatas permukaan tanah terinfiltrasi kedalam tanah yang mengakibatkan suatu lapisan dibawah permukaan tanah menjadi jenuh air. Apabila tebal dari lapisan jenuh air adalah (L), dapat dianggap bahwa air mengalir dibawah melalui sejumlah tabung kecil.

(b) Kelembaban Tanah

Jumlah air tanah mempengaruhi kapasitas retensi. Ketika air jatuh pada tanah kering, permukaan atas pada tanah tersebut menjadi basah, sedangkan bagian bawahnya relative masih kering. Dengan demikian terdapat perbedaan yang besar dari gaya kapiler antara permukaan atas tanah dan yang ada dibawahnya. Karena adanya perbedaan tersebut, maka terjadi gaya kapiler yang bekerja sama dengan gaya berat sehingga air bergerak kebawah (infiltrasi) dengan cepat.

(c) Pemadatan oleh Hujan

Ketika hujan jatuh diatas tanah, butir tanah mengalami pemadatan oleh butiran air hujan. Pemadatan tersebut mengurangi pori-pori tanah yang berbutir halus (lemp), sehingga dapat mengurangi kapasitas infiltrasi. Untuk tanah pasir pengaruh tersebut sangat kecil.

(d) Pemadatan oleh Butir Halus

Ketika tanah sangat kering, permukaan sering terdapat butiran halus. Ketika hujan dan infiltrasi terjadi, butiran halus tersebut terbawah

ada dalam tanah, dan mengisi pori-pori tanah sehingga mengurangi kapasitas infiltrasi.

(e) Topografi

Kondisi topografi juga mempengaruhi infiltrasi pada lahan dengan kemiringan besar, aliran permukaan akan lebih cepat sehingga air kekurangan waktu infiltrasi. Akibatnya sebagian besar air hujan menjadi aliran permukaan. Sebaliknya, pada lahan yang datar air menggenang sehingga waktu cukup untuk infiltrasi.

D. Rebasan Air Tanah

Koefisien rebasan tanah adalah tergantung pada beberapa faktor, yaitu: kekentalan cairan, distribusi ukuran pori, distribusi ukuran butir, angka kekasaran permukaan butiran tanah, dan derajat kejenuhan tanah. Pada tanah berlempung tanah konsentrasi ion dan ketebalan lapisan air yang menempel pada butiran lempung akan mempengaruhi koefisien rebasan.

Koefisien rebasan tanah yang tidak jenuh air adalah rendah, harga tersebut akan bertambah secara cepat dengan bertambahnya derajat kejenuhan tanah yang bersangkutan.

Seperti yang diketahui, bahwa tanah terdiri atas butiran-butiran dengan rongga yang saling berhubungan di antara butiran tersebut. Oleh karena

itu tanah memiliki sifat permeabilitas, yaitu air dapat mengalir atau meresap melalui pori-pori, walaupun dengan kecepatan yang sangat lambat pada jenis tanah berbutir halus (lempung dan lanau). Permeabilitas dan sifat rembesan tanah mendapat perhatian dari ahli geoteknik karena berbagai alasan, seperti (Wesley .D.L 1977) meliputi :

- a) Kecepatan rembesan di dalam tanah. Hal ini menjadi faktor penting pada perencanaan bangunan penahan air, terutama bendungan, tanggul, dan kanal.
- b) Rembesan air dalam tanah berpengaruh terhadap kemandapan. Keadaan rembesan selalu memengaruhi tekanan air pori, yang akan memengaruhi tegangan efektif dan kekuatan geser tanah tersebut. Kemandapan yang dimaksud adalah kemandapan lereng, baik lereng alam maupun lereng tanggul buatan, juga kemandapan pengaliran yang dalam.
- c) Kecepatan pengangkutan bila terdapat bahan yang bersifat “polusi” yaitu bahan kimia dalam rembesan air tanah. Hal ini perlu mendapat perhatian dalam rangka melindungi lingkungan.

Hukum Darcy menyatakan bahwa kecepatan rembesan dalam tanah sebanding dengan gradient hidrolis dan ditulis sebagai (Wesley . 1977)

$$q = kiA \dots \dots \dots (1)$$

dimana : q = Kecepatan aliran

I = Gradien h

K = Sifat

Juga disebut konduktivitas hidrolis. Arti

ketiga istilah ini sama.

Gradien $\frac{dh}{dx}$

terhadap

$$i = \frac{\Delta h}{L} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana h adalah perubahan tinggi energy dan L adalah jarak tempat perubahan tersebut terjadi.

Hukum Darcy juga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$v = ki \dots\dots\dots(3)$$

dimana merupakan kecepatan aliran atau kecepatan darcy.

1. Catatan Mengenai Hukum darcy.
 - 1) Hukum darcy hanya berlaku untuk aliran yang lancar. Hal ini merupakan kasus yang biasa, akan tetapi, pada kerikil kasar akan timbul perputaran aliran (turbulen flow)
 - 2) Koefisien rembesan akan tetap apabila suhu juga tetap. biasanya nilai dianggap berlaku pada tanah dengan suhu 20°C.

3) Nilai k terutama bergantung pada ukuran butiran tanah walaupun posisi butiran juga memiliki pengaruh kuat.

2. Catatan Mengenai Kecepatan Rebesan

Kecepatan pada hukum Darcy yaitu $v = ki$, bukan kecepatan yang benar pada air yang mengalir melalui tanah. Kecepatan ini disebut kecepatan aliran atau kecepatan Darcy. Jika dikalikan dengan luas penampang dari tanah akan memberikan kecepatan aliran q (flow rate) dalam satuan volume waktu, yaitu

$$q = vA \dots \dots \dots (4)$$

Kecepatan rebesan yang sebenarnya berada berbeda dengan kecepatan Darcy karena bagian dari luas penampang terisi bahan padat, yaitu butiran tanah. Jika luas efektif potongan melintang dimana air dapat merembes diberi simbol A_v , maka kecepatan rebesan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$q = v_d A = v_t A_v \dots \dots \dots (5)$$

Dimana v_d adalah kecepatan Darcy dan v_t adalah kecepatan yang sebenarnya. Dengan demikian ;

$$v_t = \frac{v_d A}{A_v} = \frac{v_d}{A_v/A} = \frac{v_d}{n} \dots \dots \dots (6)$$

$$X_2 = \sqrt{\frac{kh.t}{n.S}} \dots\dots\dots(7)$$

$$t = \frac{n.S.X^2}{kh} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana n adalah porositas, jika porositas bernilai antara 0,3 sampai 0.6 (nilai tanah pada tanah) maka kecepatan rembesan yang sebenarnya menjadi 2 atau 3 kali lebih besar dari pada kecepatan Darcy penjelasan ini lebih lanjut mengenai kecepatan aliran v_{d1} dan v_t .

Apabila kita ingin mengetahui banyaknya air yang mengalir, kita harus memakai kecepatan darcy v_{d1} sedangkan apabila kita ingin mengetahui waktu yang diperlukan untuk bahan polusi pada air mencapai tempat tertentu, kita harus memakai kecepatan, v_t .

E. Sifat dan Klasifikasi Tanah

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relative lepas (b), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relative lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk di antaranya (Hardiyatmo, 2012)

Di segi lain, tanah memegang peranan penting sebagai penahan air dan mencegah erosi, meskipun tanah sendiri juga dapat tererosi. Posisi tanah berbeda-beda pada suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Air dan udara merupakan bagian dari tanah.

Penentuan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Hasil dari penyelidikan sifat-sifat ini kemudian dapat digunakan dalam evaluasi masalah-masalah tertentu. Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks tipe pengujian yang sangat sederhana untuk memperoleh karakteristik tanah. Karakteristik tersebut digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasi. Untuk klasifikasi tanah didasarkan atas kriteria artikel yang diperoleh dari analisis saringan (dan uji laboratorium) dan plastisitas.

1. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perencanaan tumpukan jalan, subbase dan subgrade. Sistem ini terutama ditunjukkan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut.

Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok tanah-tanah dalam tiap kelompok dievaluasi terhadap indeks kelompok yang dihitung dengan metode empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas atterberg.

Tabel 1, Sistem klasifikasi AA SHTO.

Klasifikasi Umum	Material granuler (<35% lolos saringan no.200)							Tanah-tanah lanau lempung (>35% lolos saringan no.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/A-7-6
Analisa Saringan (%lolos)											
2.00 mm (no. 10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.425 mm (no. 40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0.075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan No. 40											
Batas Cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	11 min	11 min	11 min	10 maks	11 min	11 min	11 min
Indeks Kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat Baik							Sedang sampai buruk			

Catatan :

Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk PL > 30, Klasifikasinya A-7-5

Untuk PL > 30, Klasifikasinya A-7-6

Np = Nonplastis

ber : Hardiyatmo, 2012

Indeks kelompok (*group index*) (GI) adalah

jumlah - a dan B adalah (GI)

tinggi, maka tanah semakin berkurang ketepatan penggunaan.

Tanah granuler diklasifikasikan ke dalam A -1 sampai A -3. Tanah A-1

merupakan tanah granuler bergradasi baik, sedang A -3 adalah pasir bersih

bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler (kurang dari 35%

bersaringan no 200), tapi masih mengandung lanau dan lempung.

Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A -4 sampai A -7, yaitu tanah

lempung lanau. Beda keduanya didasarkan pada batas-batas atterberg.

Dapat digunakan untuk memperoleh batas-batas antara batas cair (LL) dan

indeks plastisitas (LI) kelompok A -4 sampai A-7 dan untuk sub kelompok A-2.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar dan Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, dengan waktu penelitian selama 6 bulan.



Gambar 1. Foto model sungai pada alat (Chow, Ven Te' 1992. Hidrolika saluran terbuka (Open channel Hydraulics))

B. Jenis Sumber Data

Pada penelitian ini akan menggunakan dua jenis data adalah :

- a) Data Primer yakni data yang diteliti langsung dari Laboratorium Mekanika Tanah dan Hidrolika maupun dari sintasi model fisik Laboratorium.
- b) Data Sekunder yakni data yang diperoleh dari instansi terkait seperti data Curah Hujan dan data AWLR dari PU Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang, serta data yang diperoleh dari literatur dan hasil Penelitian yang sudah ada yang telah dilakukan di Laboratorium.

C. Alat Dan Bahan Penelitian

Secara umum jenis alat dan bahan penelitian yang dipergunakan dalam percobaan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

a) Alat Laboratorium Mekanika Tanah, antara lain:

- (a) Saringan
- (b) Mesin ayakan
- (c) Piknometer
- (d) Tabung permeabilitas
- (e) Ring berat isi
- (f) Pelampung hidrometer
- (g) Pompa vakum

- (h) Cawan
- (i) Thin boks
- (j) Termometer
- (k) Desikator
- (l) Oven
- (m) Sendok
- (n) Stop watch untuk mengukur kecepatan aliran
- (o) Bejana ukur/Gelas ukur
- (p) Kamera dan peralatan lainnya yang digunakan untuk dokumentasi.
- (q) Selang air
- (r) Alat Tulis

b) Bahan

- (a) Tanah
- (b) Air

c) Alat Laboratorium Hidrolika, antara lain:

- (a) 1 Set Open Channel

d) Bahan

- (a) Tanah
- (b) Air

D. Metode Penelitian

a) Penelitian Tanah

Penelitian tanah ini dilakukan untuk mengetahui beberapa percobaan diantaranya :

- (a) Berat Jenis
- (b) Kadar Air
- (c) Angkapori
- (d) Permeabilitas (*Falling Head*)
- (e) Hidrometer

b) Tahapan penentuan jenis tanah

Penentuan jenis tanah dengan melakukan uji karakteristik tanah.

Karakteristik tanah yang diujikan dalam penelitian ini diantaranya, yaitu :

- (a) Pengujian sand cone test ,
- (b) Pengujian kadar air tanah,
- (c) Pengujian permeabilitas tanah ,
- (d) Pengujian analisa saringan,
- (e) Pengujian kompaksi ,
- (f) Pengujian batas – batas atterberg (batas plastis dan batas cair),
- (g) Pengujian Berat jenis tanah.

Pengujian karakteristik tanah tersebut dilakukan setelah pengambilan sampel tanah pada daerah Pucapucuh Kabupaten Maros Sulawesi-Selatan.

E. Variabel Yang Diteliti

Sesuai dengan tujuan penelitian ini maka pengujian dilakukan dengan model fisik laboratorium kajian tentang eratur yang berkaitan dengan rebesan dan aliran permukaan (Q). Model fisik ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh lair sungai terhadap rebesan.

Adapun data pengamatan hasil uji laboratorium diolah menjadi bahan analisa hasil kajian sesuai dengan tujuan penelitian. Data yang diolah menjadi bahan analisa adalah:

- a) Data debit pengaliran (Q) m³/s,
- b) Waktu durasi pengaliran (t) menit,
- c) Ketinggian muka air tanah, (H) cm.

Pengambilan data pengamatan sangat diperlukan dimana akan digunakan sebagai parameter analisa, oleh karena itu pencatatan data tersebut dilakukan pada setiap kondisi yang terkait langsung dengan tujuan penelitian.

F. Teknik Analisis Data

Menurut rumus Darcy ditulis sebagai Wesley (1977), mekanisme pengambilan dan analisis data infiltrasi sebagai berikut:

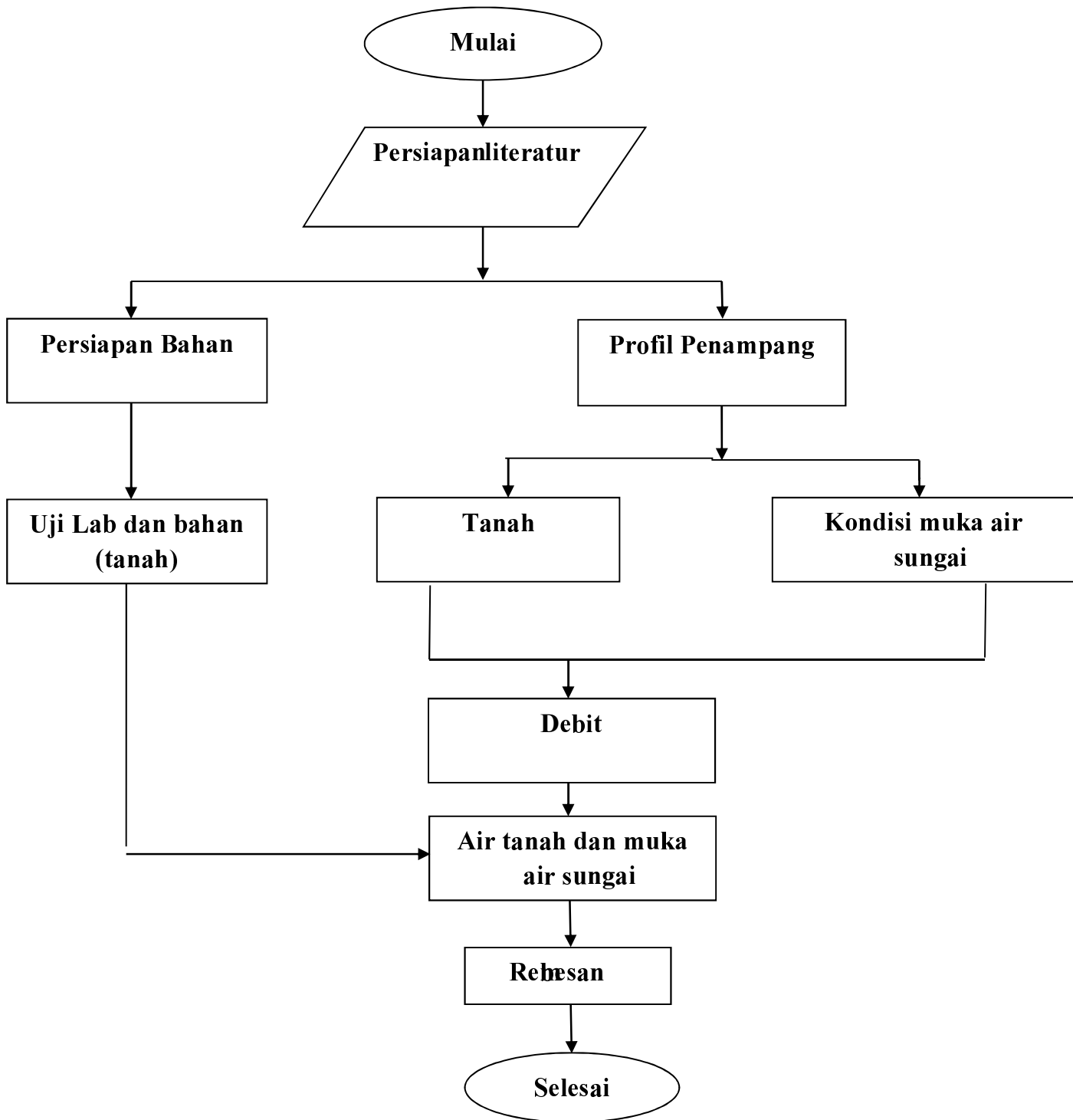
$$V = ki$$

$$X_2 = \sqrt{\frac{k \cdot i \cdot t}{nS}}$$

$$t = \frac{n \cdot S \cdot X^2}{kh}$$

Dari data pemantauan level muka air tanah selama 3 (tiga) hari
 untuk mengetahui tingginya rembesan yang terjadi. Hasil rembesan
 kemudian dikaitkan dengan sifat fisik tanah, topografi, dan vegetasi
 untuk mengetahui pengaruh rembesan terhadap ketinggian permukaan
 tanah.

G. Prosedur Penelitian



Gambar 15. Bagan dan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Dari hasil pengamatan sampel tanah pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar, didapatkan hasil klasifikasi tanah AASHTO tipe. Berikut ini diterangkan penentuan klasifikasi AASHTO tipe. Hasil pengujian di laboratorium diperoleh data, batas plastis (PL) = 31.78%, batas cair (LL) = 29.17%

Klasifikasi AASHTO

1. Dalam sistem ini, tanah diklasifikasikan kedalam kelas, yaitu: A-1 sampai A-7.

Klasifikasi system ini didasarkan atas kriteria-kriteria sebagai berikut:

a) Ukuran Butir

Butiran melalui ayakan No.200 sebesar 1.15%, sehingga termasuk dalam material granuler (<15% lolos saringan No.200)

b) Plastisitas

Berlanau, jika butiran tanah mempunyai indeks plastisitas <10. Hasil indeks plastisitas dalam penelitian ini didapat dari nilai batas cair

(LL) = 48.6%, batas plastis (PL) = 36.5 %, sehingga indeks plastisitasnya, (PI) = 48.6% - 36.5% = 12.1%

Pada table berikut disajikan tentang hasil pemeriksaan karakteristik tanah.

Tabel.2 Hasil pemeriksaan karakteristik tanah

No	Uraian	Satuan	Nilai	Keterangan
A.	Kadar Air	%	55	-
B.	Batas-batas Atterberg 1. Batas Cair (Liquid Limit, LL) 2. Batas Plastis (Plastic Limit, PL) 3. Indeks Plastisitas	% % %	29.17 31.78	-
C.	Distribusi Butiran (AASHTO) 1. Fraksi Kasar 2. Fraksi Halus	% %	8.5 1.15	material secara umum adalah berlempung dan pasir, dengan kondisi sebagai tanah baik.
D.	Kompaksi 1. Berat isi kering optimum	gr/cm ³ %	2.39	-

	2. Kadar air optim		23.52	
E.	Kepadatan (Sandcone test) dilaboratorium	%	33.85	-
		γ_d		2.978
		e_0		0.934
F.	Kepadatan (Sandcone test) dilapangan	%	48.43	-
		γ_d		2.978
		e_0		1.235

a) Perhitungan Ketebalan Rembesan

$$X_2 = \sqrt{\frac{k \cdot h \cdot t}{n \cdot S}}$$

$$X_2 = \sqrt{\frac{(1,0 \times 10^{-2}) \times 5 \times 5}{(0,13) \times (0,95)}}$$

$$= 1.42 \text{ cm}$$

$$X_2 = \sqrt{\frac{k \cdot h \cdot t}{n \cdot S}}$$

$$X_2 = \sqrt{\frac{(1,0 \times 10^{-2}) \times 5 \times 10}{(0,13) \times (0,95)}}$$

$$= 2.01 \text{ cm}$$

Tabel 3 Perhitungan Ketebalan Rembesan

t	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
X2	1.42	2.01	2.46	2.84	3.18	3.48	3.76	4.02	4.26	4.49	4.71	4.92

ber perhitungan

b) Perhitungan Waktu rembesan

$$t = \frac{n \cdot S \cdot X^2}{k \cdot h}$$

$$t = \frac{(0,13) \cdot (0,95) \cdot (100)^2}{(1 \times 10^{-2}) \cdot (5)}$$

$$t = \frac{1235}{(5 \times 10)} \quad t = 25.7 \text{ hari}$$

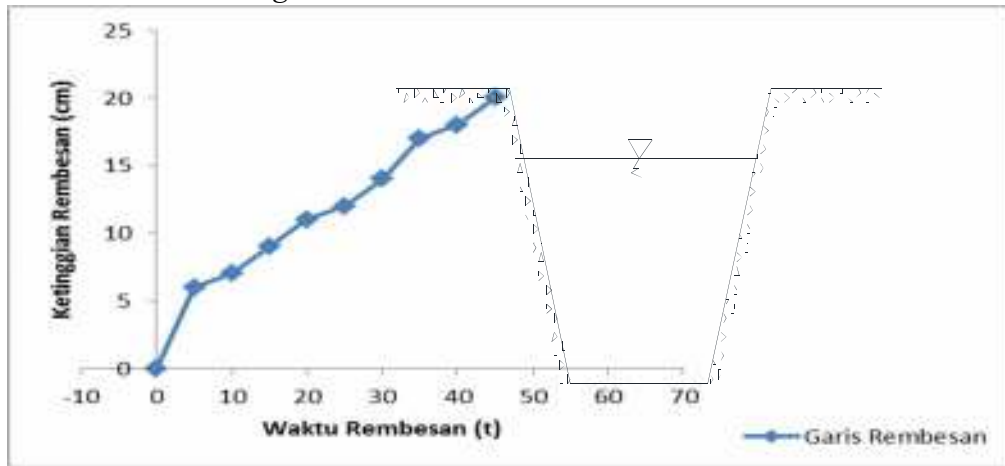
B. Analisis Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dengan menggunakan alat “Open Channel”. Penyajian data dan analisis laju rembesan pada kondisi tanah asli dilakukan secara berturut-turut dengan ketinggian air yang berbeda-beda. Yaitu pada ketinggian di titik 1, ketinggian di titik 2 dan ketinggian di titik 3 dan dengan ketinggian muka air di titik 1 yaitu 5 cm, ketinggian muka air di titik 2 yaitu 8 cm, dan ketinggian muka air di titik 3 yaitu 11 cm. Uraian mengenai hasil pengamatan dari proses tersebut disajikan dalam bentuk table sebagai berikut:

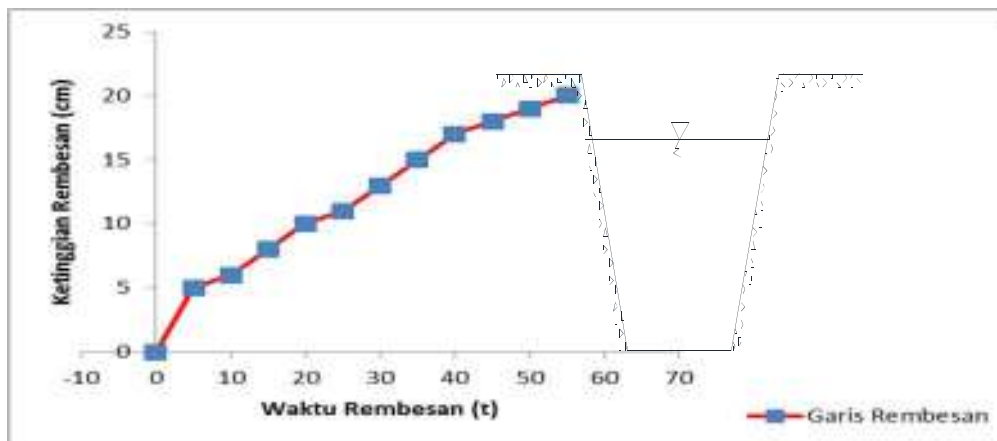
Tabel 4. Tingkat rembesan pada variasi ketinggian muka air tanah

No	Waktu (menit)	Tinggi Muka Air	H1		
			Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0
2	5	5	6	5	4
3	10	5	7	6	5
4	15	4	9	8	7
5	20	4	11	10	7
6	25	4	12	11	9
7	30	3	14	13	10
8	35	3	17	15	12
9	40	3	18	17	14
10	45	3	20	18	16
11	50	2	20	19	18
12	55	2	20	20	19
13	60	1	20	20	20

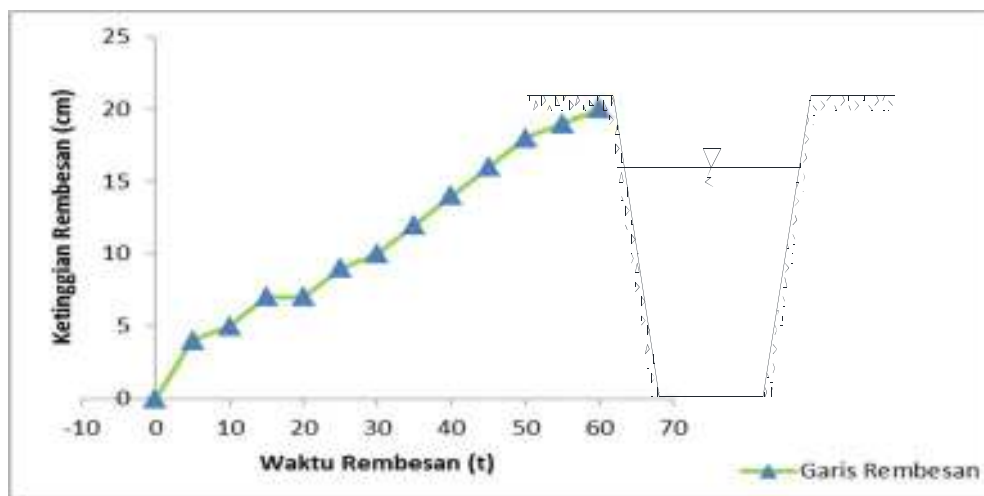
Sumber : Data Pengamatan



Gambar.6 Tingkat rembesan pada titik 1 ketinggian muka air tanah



Gambar. 7 Tingkat rembesan pada titik 2 ketinggian muka air tanah



Gambar. 8 Tingkat rembesan pada titik 3 ketinggian muka air tanah

Menurut gambar 6 dapat disimpulkan hubungan antara waktu (t) dan volume rembesan (cm) diatas untuk setiap pertambahan waktu (t) maka volume rembesan meningkat.

Untuk ketinggian muka air H_5 bagian hulu pada waktu (t) = 0 hasil volume rembesan = 0 cm, pada (t) = 5 hasil volume rembesan = 6 cm, Pada (t) = 10 hasil volume rembesan = 7 cm, pada (t) = 15 hasil volume rembesan = 9 cm, pada (t) = 20 hasil volume rembesan = 11 cm, pada (t) = 25 hasil volume rembesan = 12 cm, pada (t) = 30 hasil volume rembesan = 14 cm, pada (t) = 35 hasil volume rembesan = 17 cm , pada (t) = 40 hasil volume rembesan = 18 cm, pada (t) 45-60 hasil volume rembesan = 20.

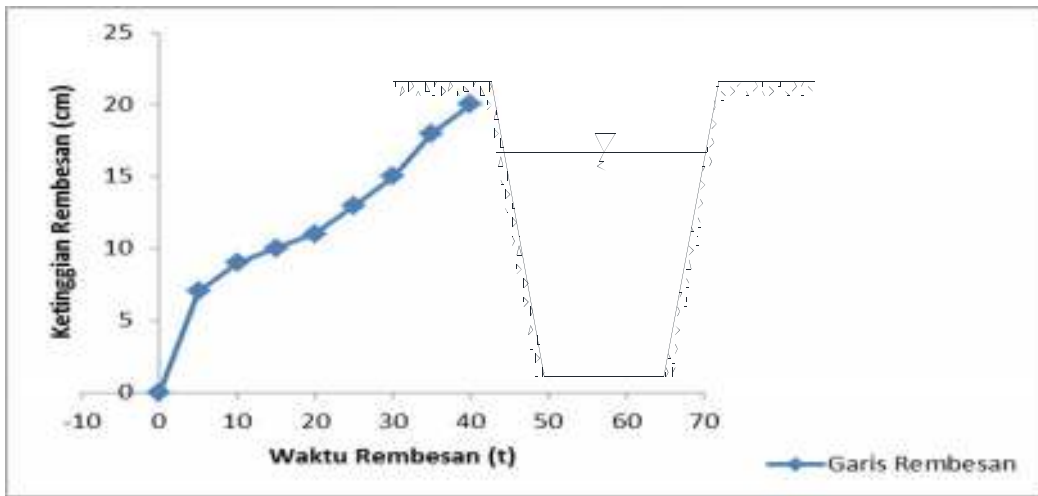
Untuk ketinggian muka air H_5 bagian tengah pada waktu (t) = 0 hasil volume rembesan = 0 cm, pada (t) = 5 hasil volume rembesan = 5 cm, Pada (t) = 10 hasil volume rembesan = 6 cm, pada (t) = 15 hasil volume rembesan = 8 cm, pada (t) = 20 hasil volume rembesan = 10 cm, pada (t) = 25 hasil volume rembesan = 11 cm, pada (t) = 30 hasil volume rembesan = 13 cm, pada (t) = 35 hasil volume rembesan = 15 cm , pada (t) = 40 hasil volume rembesan = 17 cm, pada (t) 45 hasil volume rembesan = 18 cm, pada (t) 50 hasil volume rembesan = 19 cm, pada (t) = 55-60 hasil volume rembesan = 20 cm.

Untuk ketinggian air H_5 bagian hilir pada waktu $(t) = 0$ hasil rembesan = 0 cm, pada $(t) = 5$ hasil rembesan = 4 cm, Pada $(t) = 10$ hasil volume rembesan = 5 cm pada $(t) = 15$ hasil rembesan = 7 cm, pada $(t) = 20$ hasil volume rembesan = 7 cm, pada $(t) = 25$ hasil volume rembesan = 9 cm, pada $(t) = 30$ hasil volume rembesan = 10 cm, pada $(t) = 35$ hasil volume rembesan = 12 cm, pada $(t) = 40$ hasil volume rembesan = 14 cm, pada $(t) = 45$ hasil volume rembesan = 16 cm, pada $(t) = 50$ hasil volume rembesan = 18 cm, pada $(t) = 55$ hasil volume rembesan = 19 cm, pada $(t) = 60$ hasil volume rembesan = 20 cm.

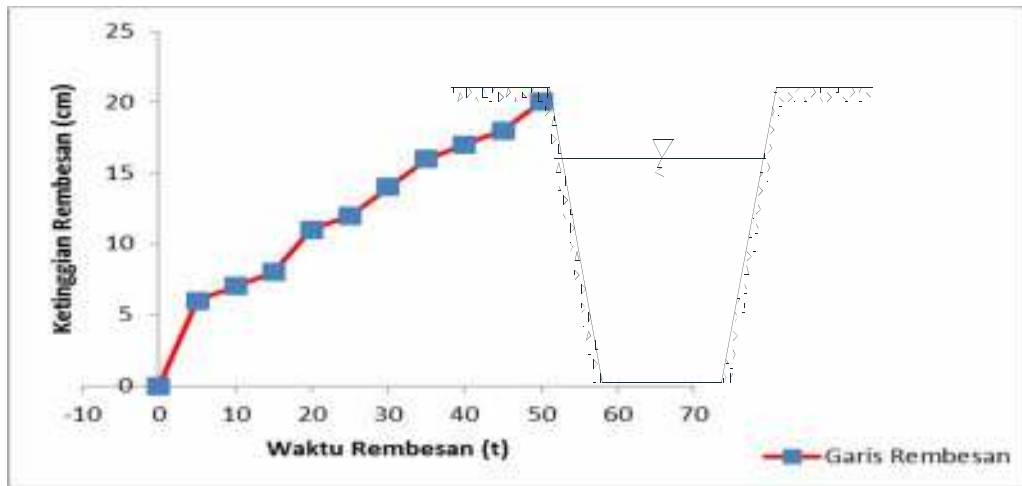
Tabel. 5 Tingkat rembesan pada variasi ketinggian muka air tanah

No	Waktu (menit)	Tinggi Muka Air	H2		
			Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	2	3	4	5	6
1	0	8	0	0	0
2	5	8	7	6	5
3	10	7	9	7	5
4	15	7	10	8	7
5	20	6	11	11	8
6	25	6	13	12	8
7	30	5	15	14	9
8	35	4	18	16	11
9	40	3	20	17	12
10	45	3	20	18	14
11	50	2	20	20	15
12	55	2	20	20	17
13	60	1	20	20	20

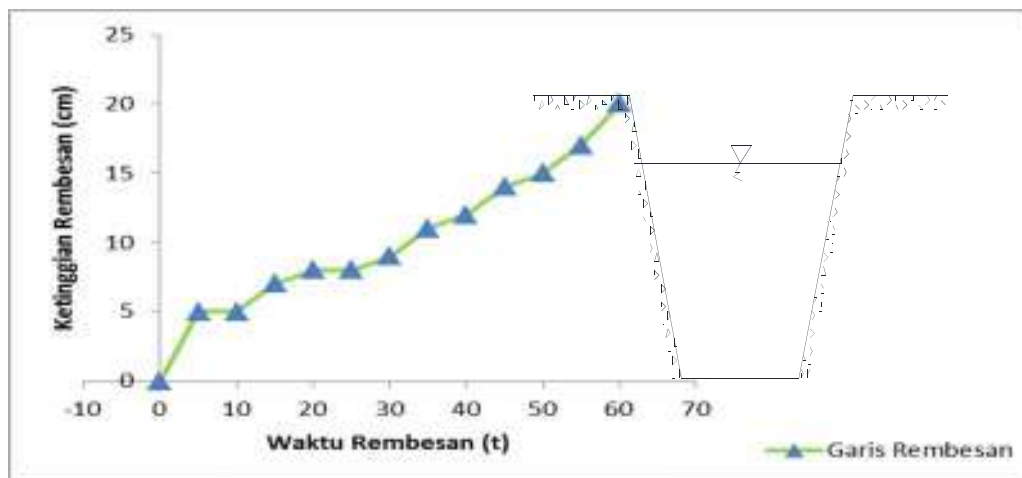
Sumber: Data Pengamatan



Gabar.9 Tingkat 1 ketinggian air tanah



Gabar. 10 Tingkat 2



Gabar. 11 Tingkat 3

Menurut gambar 7 dapat disimpulkan hubungan antara waktu (t) dan volume rembesan (cm) diatas untuk setiap pertambahan waktu (t) maka volume rembesan meningkat.

Untuk ketinggian muka air H_B bagian hulu pada waktu (t) = 0 hasil volume rembesan = 0 cm, pada (t) = 5 hasil volume rembesan = 7 cm, Pada (t) = 10 hasil volume rembesan = 9 cm, pada (t) = 15 hasil volume rembesan = 10 cm, pada (t) = 20 hasil volume rembesan = 11 cm, pada (t) = 25 hasil volume rembesan = 13 cm, pada (t) = 30 hasil volume rembesan = 15 cm, pada (t) = 35 hasil volume rembesan = 18 cm, pada (t) 40-60 hasil volume rembesan = 20.

Untuk ketinggian muka air H_B bagian tengah pada waktu (t) = 0 hasil volume rembesan = 0 cm, pada (t) = 5 hasil volume rembesan = 6 cm, Pada (t) = 10 hasil volume rembesan = 7 cm, pada (t) = 15 hasil volume rembesan = 8 cm, pada (t) = 20 hasil volume rembesan = 11 cm, pada (t) = 25 hasil volume rembesan = 12 cm, pada (t) = 30 hasil volume rembesan = 14 cm, pada (t) = 35 hasil volume rembesan = 16 cm, pada (t) = 40 hasil volume rembesan = 17 cm, pada (t) 45 hasil volume rembesan = 18 cm, pada (t) = 50-60 hasil volume rembesan = 20 cm.

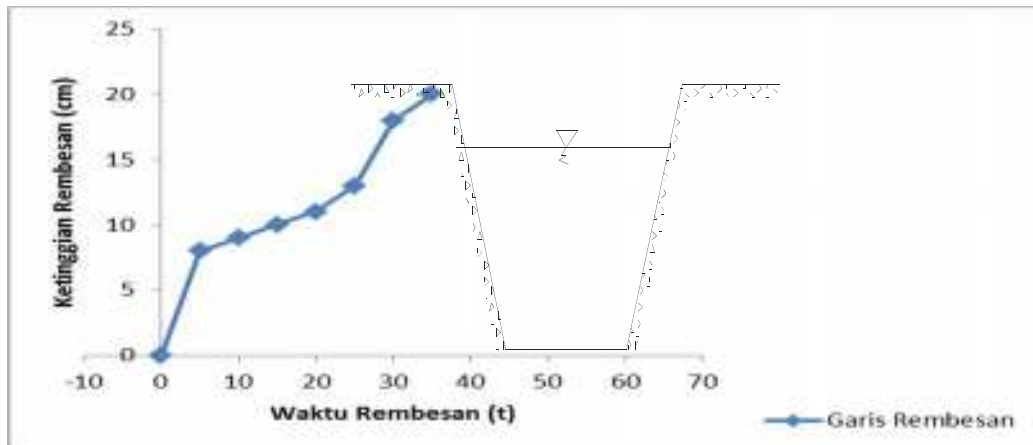
Untuk ketinggian muka air H_B bagian hilir pada waktu (t) = 0 hasil volume rembesan = 0 cm, pada (t) = 5 hasil volume rembesan = 5 cm, Pada (t) = 10 hasil volume rembesan = 5 cm, pada (t) = 15 hasil volume

rembesan = 7 cm, pada (t) = 20 hasil volume rembesan = 8 cm, pada (t) = 25 hasil volume rembesan = 8 cm, pada (t) = 30 hasil volume rembesan = 9 cm, pada (t) = 35 hasil volume rembesan = 11 cm , pada (t) = 40 hasil volume rembesan = 12 cm, pada (t) 45 hasil volume rembesan = 14 cm, pada (t) 50 hasil volume rembesan = 15 cm, pada (t) = 55 hasil volume rembesan = 17 cm, pada (t) 60 hasil volume rembesan = 20 cm.

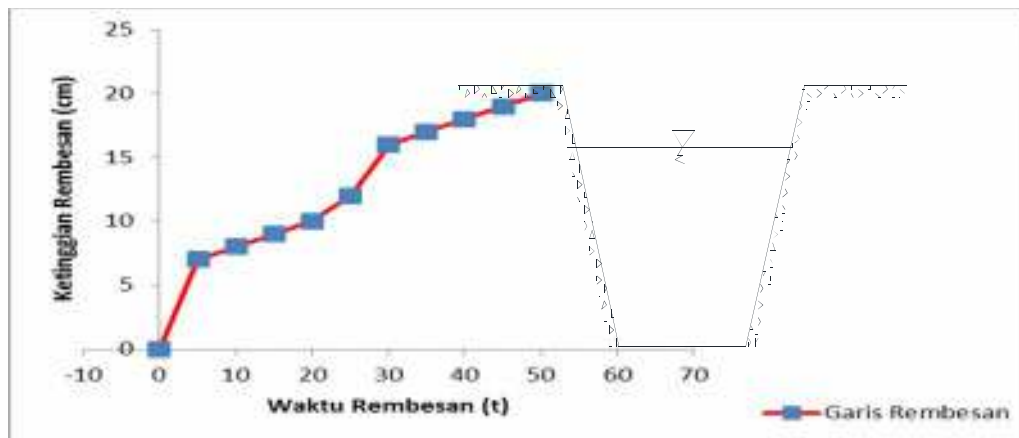
Tabel 6. Tingkat rembesan pada variasi ketinggian muka air tanah

No	Waktu (menit)	Tinggi Muka Air	H3		
			Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0
2	5	11	8	7	5
3	10	11	9	8	7
4	15	10	10	9	7
5	20	9	11	10	8
6	25	8	13	12	8
7	30	8	18	16	9
8	35	7	20	17	11
9	40	7	20	18	12
10	45	6	20	19	16
11	50	5	20	20	17
12	55	3	20	20	18
13	60	2	20	20	20

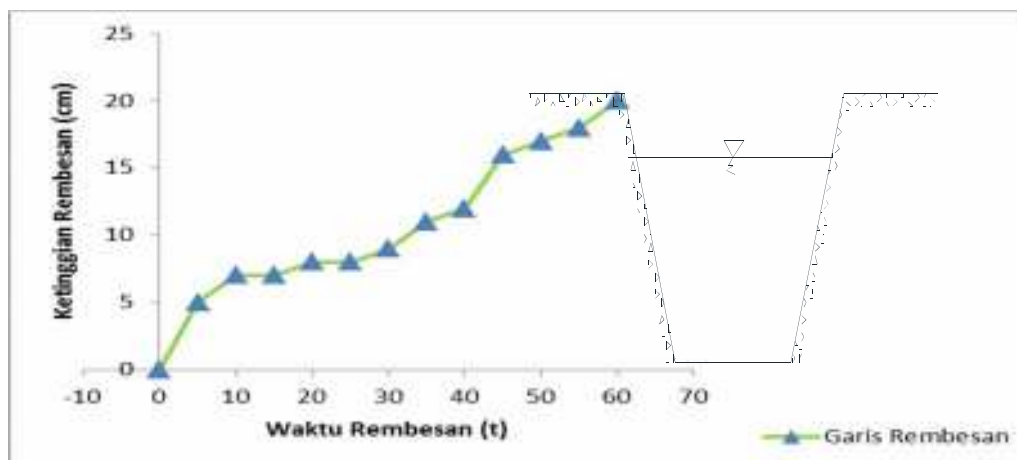
Sumber: Data Pengamatan



Gambar.12 Tingkat ~~bn~~ ~~dk~~ ketinggian muka air tanah



Gambar. 13 Tingkat ~~dk~~ ~~bn~~



Gambar. 14 Tingkat ~~rebesan~~ pada titik 3 ketinggian muka air tanah

Menurut gambar 8 dapat dilihat hubungan antara waktu (t) dan rembesan (Q) di atas. Setiap pertambahan waktu (t) maka rembesan meningkat.

Untuk ketinggian muka air H_{11} bagian hulu pada waktu (t) = 0 hasil rembesan = 0 cm, pada (t) = 5 hasil rembesan = 8 cm, Pada (t) = 10 hasil rembesan = 9 cm, pada (t) = 15 hasil volume rembesan = 10 cm, pada (t) = 20 hasil volume rembesan = 11 cm, pada (t) = 25 hasil volume rembesan = 13 cm, pada (t) = 30 hasil volume rembesan = 18 cm, pada (t) 35-60 hasil volume rembesan = 20.

Untuk ketinggian muka air H_{11} bagian tengah pada waktu (t) = 0 hasil volume rembesan = 0 cm, pada (t) = 5 hasil volume rembesan = 7 cm, Pada (t) = 10 hasil volume rembesan = 8 cm, pada (t) = 15 hasil volume rembesan = 9 cm, pada (t) = 20 hasil volume rembesan = 10 cm, pada (t) = 25 hasil volume rembesan = 12 cm, pada (t) = 30 hasil volume rembesan = 16 cm, pada (t) = 35 hasil volume rembesan = 17 cm, pada (t) = 40 hasil volume rembesan = 18 cm, pada (t) 45 hasil volume rembesan = 19 cm, pada (t) = 50-60 hasil volume rembesan = 20 cm.

Untuk ketinggian muka air H_{11} bagian hilir pada waktu (t) = 0 hasil volume rembesan = 0 cm, pada (t) = 5 hasil volume rembesan = 5 cm, Pada (t) = 10 hasil volume rembesan = 7 cm, pada (t) = 15 hasil volume rembesan = 7 cm, pada (t) = 20 hasil volume rembesan = 8 cm, pada (t) =

25 hasil volume rembesan = 8 cm, pada (t) = 30 hasil volume rembesan = 9 cm, pada (t) = 35 hasil volume rembesan = 11 cm, pada (t) = 40 hasil volume rembesan = 12 cm, pada (t) = 45 hasil volume rembesan = 16 cm, pada (t) = 50 hasil volume rembesan = 17 cm, pada (t) = 55 hasil volume rembesan = 18 cm, pada (t) = 60 hasil volume rembesan = 20 cm.

B. Pembahasan Penelitian

Berdasarkan hasil pemantauan ketinggian muka air terjadi perubahan penurunan kedalaman rembesan yang cenderung signifikan karena debit volume air yang masuk pada saat pengaliran di titik hulu akan berbeda pada saat pengaliran ke titik tengah, dan begitu pula di titik hilir karena dipengaruhi oleh waktu pada saat pengaliran.

Dalam pemantauan level muka air tanah dilakukan kondisi awal muka air tanah pada bagian titik 1, titik 2, dan titik 3 berdasarkan perhitungan menggunakan rumus darcy.

Berdasarkan hasil pemeriksaan dan pengujian data laboratorium, diketahui bahwa tanah tersebut diklasifikasikan sebagai tanah lempung berkadar pasir karena pada jenis tanah tersebut kedalamannya berkisar hanya 0 – 1m, mengandung kadar antara 5-20% yaitu sebesar 8.5% (AASHTO).

Berdasarkan pH sampel tanah lempung berpasir termasuk dalam kategori Typic Paleaquults karena pH-nya sebesar 4.3 (AASHTO).

Besar table harga beratjenis. Gs (Joseph E. Bowles, 1978), tanah lempung berpasir ini mempunyai nilai berat jenis (Gs) yaitu sebesar 2.389.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

- 1) Kedalaman rembesan pada tanah dengan ketinggian elevasi muka air pada sungai semakin lama waktu rebesan maka semakin berkurang kea air sungai dari tinjauan hulu, tengah dan hilir yang diakibatkan oleh kecepatan aliran.
- 2) Pengaruh waktu rebesan terhadap rebesan pada tiap jarak kea air, semakin lama waktu rebesan maka rebesannya semakin besar.

B. Saran

- 1) Dalam penelitian ini disarankan pada penelitian berikutnya menggunakan jenis tanah pada daerah berbeda dan dengan model sungai yang berbeda.
- 2) Untuk penelitian selanjutnya diharapkan pembacaan kedalaman rebesan ditinjau dari dua sisi alat bisa mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.

- 3) Hasil penelitian ini perlu dikaji dan dikembangkan lagi sehingga dapat disesuaikan dengan fenomena yang terjadi di lapangan khususnya reboisasi yang terjadi di pada tiap tinggi muka air.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C, 2002. *Skema Aliran Air Permukaan dan Air Tanah*
- Asdak, C, 2002. Herlambang, 2005. *Kualitas air tanah*
- Bouwer, H, 1978, Donahue, 1977. *Groundwater Hidrology*, McGraw Hill Kogakusha LTD, Tokyo
- Chow, Ven Te, 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*
- Darwis. 2017. *Capillary Shock Phenomenon of Groundwater at The Beginning of Rainy Season*. Internasional Jurnal on Advanced Science, Engineering and Information Tecnology. Dec. 2017
- Darwis. 2018. *Dasar-dasar Mekanika Tanah*. Penerbit Pena Indis dan Pustaka AQ, Yogyakarta. ISBN : 9786-0224-29098-6, HAKI : 000103874.
- Darwis. 2017,. *Analysis of Resilience Against Seepage Flow in Embankment Layer Due to Puddle Water on Side of Highway Pavement Structure*. EJGE.
- Ersin Syehan, 1995. *Pola Pergerakan Air Tanah*.
- Efendi, H. 2003. M. Daud Silalahi, 2001. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumber Daya Lingkungan Perairan*. Yogyakarta.
- Harto Br, S. 1993. *Analysis Hidrologi PT GramediaPustaka Utana, Jakarta*
- Herlambang, 1996 *Data base Air Tanah Jakarta, Studi Optimisasi Pengolahan Air Tanah*.
- Martha A, 1983. *Hidrology Pulau Muna dan Pulau Buton*
- Nurnawaty dan Abd. Rakhim Nanda, 2015. *Kapasitas Infiltrasi Tanah pada Beberapa Model Tanaman Paving Blok (Uji Nodel Laboratorium)*. Jurusan Teknik Sipil Muhammadiyah Makassar.
- Sutrisni, T. 2004, *Teknologi Penyediaan Air Bersih, Jakarta*
- Soemarto, CD. 1989, *Hidrology Teknik. Jakarta :Erlangga*.

- Sosrodarsono, Suono, dan Kensaku Takeda, 1976. *Hidrologi untuk Pengairan Pradnya Paramita Jakarta*
- Sosrodarsono S, Kanto, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, PTPradnya Paramita, Jakarta. Cetakan Ketujuh, 2000*
- Triadmodjo, Bambang, 2010. *Hidrologi Terapan. Yogyakarta*
- Umar Sumardi 2015, Arsyat 2010, Tejoywono Notohadiprawo 1998, Sudjardi 1990, Bambang Surendro 2014, *Faktor yang Mempengaruhi Permeabilitas.*
- Utaya, 1990. Krusman dan Ridder, 1970. *Tipe-tipe Aquifer*
- Wesley, D.L, 1977. *Mekanika Tanah.* Badan Penerbit Pekerjaan Umum, jakarta

DOKUMENTASI PENELITIAN

Proses Sandcone dan Pengambilan sampel tanah dilokasi Puca Maros



Menggali titik tanah yang akan di Sandcone



Mengukur kedalaman tanah yang akan di Sandcone



Proses pemasangan Sandcone pada titik lubang



Proses berlangsungnya Sandcone








Sesudah berlangsungnya proses Sandcone



Pengambilan tanah hasil Sandcone





DOKUMENTASI PENELITIAN

Proses pengeringan dan penyaringan sampel tanah

	
Proses pengeringan tanah	Analisa saringan
	
Sampel tanah lolos saringan No.200	Percobaan hydrometer
	
Pengamatan pembacaan larutan tanah pada menit ke-5,15,30,60,240,dan 1440. tampak samping	Pengamatan pembacaan larutan tanah pada menit ke5,15,30,60,240,dan 1440.tampak belakang

DOKUMENTASI PENELITIAN

Proses sandcone sampel tanah pada alat open channel hidrolika

	
Percobaan batas-batas atterberg	Proses pencampuran
	
Proses galian titik tanah yang akan di Sandcone pada alat open channel	Setelah galian titik tanah yang di Sandcone pada alat open channel
	
Mengukur kedalaman tanah yang akan di Sandcone pada alat open channel	Proses berlangsungnya Sandcone pada alat open channel

DOKUMENTASI PENELITIAN

Proses penelitian hari pertama



Proses pengaliran pada model sungai buatan dengan durasi waktu 1jam



Pengamatan pembacaan ketinggian muka air tanah



Pengamatan pembacaan ketinggian muka air tanah



Pengamatan pembacaan ketinggian muka air tanah



Proses surutnya air pada permukaan tanah setelah pengaliran

DOKUMENTASI PENELITIAN

Proses penelitian hari kedua

	
Proses pengaliran pada model sungai buatan dengan durasi waktu 1 jam	Pengamatan pembacaan ketinggian muka air tanah
	
Pengamatan pembacaan ketinggian muka air tanah	Pengamatan pembacaan ketinggian muka air tanah
	
Proses surutnya air pada permukaan tanah setelah pengaliran	

DOKUMENTASI PENELITIAN

Proses penelitian hari ketiga



Proses pengaliran pada model sungai buatan dengan durasi waktu 1 jam



Proses Pengamatan debit



Pengamatan pembacaan ketinggian muka air tanah



Proses surutnya air pada permukaan tanah setelah pengaliran

DOKUMENTASI PENELITIAN

Setelah proses penelitian



Keadaan sungai pada bagian hulu setelah pengaliran



Keadaan sungai pada bagian hilir setelah pengaliran



Keadaan model sungai saat dibukannya profil penampang sungai