

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN ALAT IMBUH PADA SISTEM
BAMBU RONGGA TERHADAP EFEKTIVITAS IMBUHAN PADA
TANAH SAWAH *SEMI PERMEABLE*
(Eksperimen Lapangan di Kabupaten Gowa)**



Oleh :

**SYAHRIANI
105 81 1735 12**

**TRISNO
105 81 1677 12**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2018**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

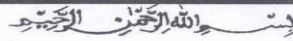
FAKULTAS TEKNIK

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>



PENGESAHAN

Skripsi atas nama Syahriani dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1735 12 dan Trisno dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1677 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/22201/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 17 Februari 2018

Makassar, 04 Jumadil Akhir 1439 H
20 Februari 2018 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S., MT.

b. Sekretaris : Muh. Amir Zainuddin, ST., MT.

3. Anggota

: 1. Dr. Ir. Muh. Idrus Ompo, SP., PSDA

2. Dr. Muh. Yunus Ali, ST., MT

3. Ir. Mahmuddin, ST., MT.

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc.

Pembimbing II

Dr. Ma'rufah, SP., MP.

Dekan



Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

NBM : 855 500



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

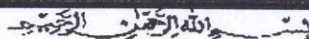
FAKULTAS TEKNIK

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>



HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN ALAT IMBUH PADA SISTEM BAMBURONGGA TERHADAP EFEKTIVITAS IMBUHAN PADA SEMI-PERMEABLE (EKSPERIMEN LAPANGAN DI KABUPATEN GOWA)

Nama : SYAHRIANI
TRISNO

No. Stambuk : 105 81 1735 12
: 105 81 1677 12

Makassar, Februari 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc.

Pembimbing II

Dr. Ma'rufah, SP., MP.

Mengetahui, Ketua
Jurusan Sipil



Muh. Syafaat S. Kuba, ST.
NBM: 975 288

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyusun Hasil penelitian dengan judul:“ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN ALAT IMBUH DENGAN SISTEM BAMBU RONGGA TERHADAP EFEKTIVITAS IMBUHAN PADA TANAH SAWAH *SEMI PERMEABLE* (EKSPERIMEN LAPANGAN DI KABUPATEN GOWA)”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan hasil penelitian ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kekhilafan baik itu dari segi teknis penulisan terlebih dipersoalan perencanaan. Oleh karena itu penulis menerima segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat lebih bermanfaat.

Hasil penelitian 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 semua pihak yang telah ikut berkontribusi hingga terselesaikannya Penelitian.

Penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Bapak Hamzah Al Imran,ST.,MT sebagai Dekan beserta seluruh jajaran pimpinan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Kepada Bapak Muh. Syafaat S. Kuba, ST. selaku Ketua Jurusan Sipil beserta unsur-unsur pimpinan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penghargaan dan ucapan terima kasih disampaikan pula kepada Bapak Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc selaku Pembimbing I dan Ibu Dr. Ma'rufa, SP.,MP selaku pembimbing II, yang telah banyak membekali pengetahuan yang sangat berguna dalam penelitian ini, serta memberikan arahan, petunjuk, bimbingan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan sebagaimana mestinya.

Ucapan terima kasih dan penghargaan disampaikan pula kepada Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta beserta Saudara-saudara atas segala limpahan kasih sayang, do'a, dorongan dan pengorbanannya yang dipersembahkan untuk penulis.

Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus Saudaraku Angkatan 2012 yang dengan keakraban dan persaudaraannya banyak membantu dalam menyelesaikan hasil penelitian ini.

Penghargaan yang paling didambakan penulis adalah bahwa semoga hasil penelitian yang sederhana ini dapat memberikan kontribusi dan sumbangan yang berarti untuk perkembangan ilmu pengetahuan. Insya Allah.

Makassar, Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat Penelitian.....	6
E. Batasan Masalah.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Siklus Hidrologi.....	8
1. Elemen Siklus Hidrologi.....	10
2. Peranan Air Tanah dalam Siklus Hidrologi	13
B. Pengertian Permeabilitas	15
1. Pengertian Permeabilitas	15
2. Proses Rembesan Air Tanah.....	17
C. Kapilaritas	17
1. Tekanan Kapiler.....	17
2. Hubungan Tekstur Tanah dan Kadar Air Tanah.....	20

D. Efektivitas.....	21
E. Konservasi Air Tanah.....	22
F. Pengimbuhan Air Tanah.....	24
G. Kerangka Fikir.....	26

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian	29
B. Jenis Penelitian	29
C. Variabel Penelitian.....	29
D. Definisi Operasional Variabel	30
E. Rancangan Penelitian	31
F. Instrumen Penelitian.....	31
G. Teknik Pengumpulan Data	32
H. Teknik Analisa Data	33
I. Bagan Alir Penelitian.....	33

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan Imbuhan pada Masing-Masing Sumur Uji dengan Variabel kedalaman pengimbuhan.....	35
B. Pembahasan	43
1. Analisis Efektivitas Bambu Rongga sebagai Pengimbuh.....	43
2. Pengaruh Periode Hujan terhadap Fluktuasi Muka Air Tanah...	44
3. Pengaruh Periode Hujan terhadap Waktu <i>Recovery</i> Muka Air Tanah	50
4. Pengaruh Kedalaman Alat Imbuh Terhadap Akumulasi Penurunan dan Kenaikan Muka Air Tanah	51

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	55
B. Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketinggian air kapiler.....	19
Tabel 4.7 Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Kontrol (tanpa pengimbu h)	34
Tabel 4.2 Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 1 (L=1m)	37
Tabel 4.3 Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 2 (L=1,25m)	38
Tabel 4.4 Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 3 (L=1,50m)	39
Tabel 4.5 Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 4 (L=1,75m)	41
Tabel 4.6 Efektivitas pada Sumur Uji	43
Tabel 4.7 Akumulasi Muka Air Tanah pada Sumur Kontrol (tanpa pengimbu h)	44
Tabel 4.8 Akumulasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 1 (L=1m).....	46
Tabel 4.9 Akumulasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 2 (L=1,25m).....	47
Tabel 4.10 Akumulasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 3 (L=1,50m).....	48
Tabel 4.11 Akumulasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 4 (L=1,75m).....	49
Tabel 4.12 Akumulasi Penurunan Muka Air Tanah Minimum dan kenaikan Muka Air Tanah Maksimum	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Hidrologi	8
Gambar 2.2. Analogi Air Kapiler dalam Lapisan Tanah dan Kedudukannya .	18
Gambar 2.3 Proses Pengimbuhan Alami	25
Gambar 2.4 Skematik Kerangka Pikir	28
Gambar 3.1 Sketsa Rancangan Penelitian.....	31
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian	34
Gambar 4.1 Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Kontrol (tanpa pengimbuhan)	36
Gambar 4.2 Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur 1 (L=1m)	37
Gambar 4.3 Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur 1 (L=1,25m)	39
Gambar 4.4 Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur 1 (L=1,50m)	40
Gambar 4.5 Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur 1 (L=1,75m)	42
Gambar 4.6 Grafik Efektivitas pada Sumur Uji.....	44
Gambar 4.7 Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah Setiap Urutan Hujan pada Sumur Kontrol (tanpa pengimbuhan)	45
Gambar 4.8 Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah Setiap Urutan Hujan pada Sumur 1 (L=1m)	46
Gambar 4.9 Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah Setiap Urutan Hujan pada Sumur 2 (L=1,25m)	47
Gambar 4.10 Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah Setiap Urutan Hujan pada Sumur 3 (L=1,50m)	48
Gambar 4.11 Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah Setiap Urutan Hujan pada Sumur 4 (L=1,75m)	49
Gambar 4.12 Grafik Akumulasi Penurunan Muka Air Tanah Minimum dan Kenaikan Muka Air Tanah Maksimum.....	52

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang melimpah, dapat ditemukan disetiap tempat di permukaan bumi, air juga merupakan sumber daya alam yang sangat penting dan dibutuhkan setiap mahluk hidup. Bagi manusia kebutuhan air amat mutlak, hampir semua aktifitas manusia memerlukan air, kebutuhan air bagi manusia tidak saja untuk keperluan hidup sehari-hari seperti makan dan minum tetapi juga sebagai alat transportasi, pembangkit tenaga, pertanian, peternakan dan banyak lagi kepentingan dari air.

Air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah, terdapat dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah yang membentuk itu, dan dalam retak- retak dari batuan (Warsito, 1994). Air bawah tanah (*groundwater*) atau dikenal juga sebagai air tanah merupakan bagian dari siklus hidrologi, yaitu air permukaan di sekitar bumi termasuk air laut karena pengaruh panas matahari berubah menjadi uap air, oleh angin sebahagian ditiup ke arah daratan, dan pada tempat tertentu (umumnya berelevasi tinggi) uap tersebut akan mengalami pemampatan setelah titik jenuh terlampaui akan berubah menjadi kumpulan air dan jatuh ke bumi sebagai air hujan.

Eksistensi air di dalam lapisan tanah sangat penting karena dapat mempengaruhi karakteristik dan stabilitas tanah (*abiotik*), serta menjaga keseimbangan lingkungan hidup (*biotik*), baik lingkungan hidup di dalam maupun lingkungan hidup di atas permukaan tanah. Oleh karena sifat air sebagai fluida

selalu mencari keseimbangan permukaan (*surface equilibrium*), maka setiap tindakan yang bersifat mengganggu keseimbangan air tanah, akan segera direspon dengan pembentukan keseimbangan baru (*re-equilibrium*), yang dengan sendirinya akan berdampak pada lingkungan di sekitarnya. Oleh karena itu setiap gangguan terhadap eksistensi air tanah akibat pemompaan air tanah, akan berakibat buruk baik terhadap lingkungan biotik maupun abiotik yang ada di sekitarnya.

Menurut Margat dan Gun (2013), bahwasanya Pengambilan (*extraction*) air tanah di dunia untuk tahun 2010 sudah mencapai 1.000 km³/tahun. Sebanyak 67% dari volume tersebut dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, 10% untuk kebutuhan air industri, dan selebihnya 23% air tanah yang diambil untuk kebutuhan air bersih (*domestic use*). Indonesia merupakan negara urutan yang kesembilan terbesar dalam pengambilan air tanah, dengan volume pengambilan pada tahun 2010 adalah sebesar 14.93 km³/tahun, 2% dipergunakan untuk air irigasi, 5% dimanfaatkan untuk air industri, dan 93% dipergunakan sebagai air bersih (*domestic use*).

Menurut Chiras (1994) dalam Hammado & Darwis (2012), bahwa dua macam perlakuan terhadap alam yang berkembang dalam kultur manusia, yaitu : (1) budaya menundukkan alam (*frontier*), yang menempatkan dirinya bukan sebagai sub-ordinat dari alam sekitarnya sehingga mereka memandang alam sebagai sumber yang dipersiapkan untuk dieksploitasi oleh manusia; (2) budaya menyatu dengan alam (*eco friendly*), yang memandang bahwa semua interaksi antara manusia dengan alam sekitar akan menimbulkan “pengaruh timbal balik” antara manusia dan alam sekitarnya, sehingga manusia tidak dapat lepas sebagai

salah satu sub-ordinat dari alam sekitarnya, dan melihat bahwa kerusakan pada alam dan lingkungan merupakan kerusakan yang juga menimpa dirinya sendiri.

Kemerosotan kondisi air tanah baik kuantitas dan kualitasnya, perlu diupayakan untuk diatasi melalui pengaturan, dilandasi kebijakan yang tepat yang penyusunannya melibatkan berbagai instansi pemerintah serta melalui sarana rekayasa teknis (Danaryanto *et al.*, 2005). Degradasi air tanah dapat menimbulkan berbagai dampak, berupa terjadinya proses intrusi air laut, dan/atau penurunan kesuburan lahan, dan/atau meningkatkan temperatur udara, dan/atau mengganggu siklus musim (*climate*), serta berbagai dampak lainnya (Darwis *et al.*, 2012).

Dalam Undang undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pada pasal-3 ditegaskan bahwa tujuan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup antara lain ; untuk mengendalikan pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana, mewujudkan pembangunan berkelanjutan; dan mengantisipasi isu lingkungan global. Air tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang perlu terjamin ketersediaan dan kesinambungannya untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan sesuai Undang undang No.32 Tahun 2009. Apabila air tanah tidak dikelola dengan baik, maka akan menyebabkan terganggunya siklus hidrologi, sehingga menimbulkan ketidakseimbangan sumberdaya air secara global, yang pada akhirnya akan merusak keberlanjutan (*sustainability*) alam semesta.

Kasus degradasi air tanah pada lokasi penelitian ini, diakibatkan pula oleh karakteristik lapisan tanah permukaan yang bersifat *semi-impermeable*. Jenis tanah

yang ada di permukaan hingga pada kedalaman 1,00 sampai 1,50 meter merupakan endapan lempung (clay). Sedangkan pada kedalaman 1,00 hingga 4,00 meter merupakan konsistensi endapan lanau berlempung (*silty-clay*) yang berbutir halus. Oleh karena lapisan tanah yang bersifat semi-permeable tersebut cukup tebal, maka volume air yang berinfiltrasi dan terperkolasi secara alamiah pada saat musim hujan, tidak mampu mengisi ruang (rongga) kosong di dalam tanah akibat air tanah oleh petani pada musim kering.

Ciri khas tanah sawah antara lain memiliki lapisan oksidasi dibawah permukaan air akibat difusi O₂ setebal 0-1 cm, selanjutnya lapisan reduksi setebal 25-30 cm dan diikuti lapisan bajak yang kedap air.

Penggunaan air tanah untuk memenuhi kebutuhan air irigasi petani di Kecamatan Barombong Kabupaten Gowa, sudah mulai marak sejak awal tahun 1990-an, menyusul setelah beberapa tahun eksploitasi air tanah oleh petani di Kabupaten Takalar telah berlangsung. Langkah eksploitasi air tanah oleh petani di Kabupaten Gowa merupakan tindakan ikutan setelah mereka melihat keberhasilan petani di Kabupaten Takalar (kabupaten tetangga), yang telah berhasil meningkatkan produksinya dengan memanfaatkan air tanah sejak awal 1980-an. Akibat penggunaan air tanah yang cukup besar untuk kebutuhan tanaman mereka sekian tahun, lambat laun kondisi air tanah di Kecamatan Barombong tidak jauh berbeda dengan kondisi air tanah di Kabupaten Takalar. Suatu keuntungan yang dimiliki oleh lahan pertanian di daerah ini dibandingkan dengan kondisi lahan di Kabupaten Takalar, karena lapisan tanah permukaannya sedikit lebih porous dimana strukturnya terdiri dari tanah lempung kepasiran (*clayey sand*). Kondisi

lapis tanah permukaan semacam ini memungkinkan penerapan sistem imbuhan yang relatif dangkal.

Bambu adalah tanaman jenis rumput-rumputan dengan rongga dan ruas dibatangnya. Bambu yang di gunakan sebagai alat pengimbuhan buatan pada penelitian ini adalah bambu yang mempunyai rongga.

Pada penelitian ini alat pengimbuhan berfungsi untuk menyimpan air hujan di sebut bambu rongga, hal ini sebabkan karena rongga dapat menampung air hujan yang masuk dan meloloskan air secara vertikal ke dalam tanah.

Berdasarkan telaah kondisional seperti yang diuraikan di atas, maka pengusul berinovasi untuk meneliti kemungkinan penerapan sistem pengimbuhan buatan yang dapat diterapkan pada imbuhan air tanah dangkal, yang memiliki karakteristik tanah permukaan yang agak porous, dengan menggunakan bahan alami (bukan sintetik) yang tidak akan berdampak terhadap pencemaran lingkungan. Usulan yang pengusul ajukan untuk menjadi topik penelitian ini adalah ***“Analisis Pengaruh Kedalaman Alat Imbuhan dengan Sistem “Bambu Rongga “ Terhadap Efektivitas Imbuhan pada Tanah Sawah Semi-Permeable (Eksperimen Lapangan di Kab. Gowa)”***.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan di atas maka penelitian menggunakan bambu sebagai alat pengimbuhan buatan yang ramah lingkungan, dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah Bambu efektif untuk menjadi alat pengimbuhan sebagai alternatif pada tanah sawah *semi permeable* ?

2. Seberapa besar pengaruh kedalaman bambu imbuh terhadap efektivitas pengimbuhan buatan dengan menggunakan bahan bambu

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah sebagaimana yang diuraikan di atas, maka penulis merumuskan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mengetahui efektivitas penggunaan bambu sebagai alat pengimbuhan buatan, pada tanah sawah *semi-permeable*
2. Mengetahui pengaruh/hubungan antara kedalaman bambu imbuh dengan efektivitas imbuhan buatan yang menggunakan bahan bambu.

D. Manfaat Penelitian

Sebagaimana yang dijelaskan dalam tujuan pelaksanaan penelitian diatas, maka manfaat yang dapat diambil dari kegiatan ini yaitu :

- 1) Dapat menghindarkan terjadinya pencemaran lingkungan karena tidak menggunakan alat pengimbuhan dari bahan sintetik seperti plastik atau bahan semen.
- 2) Dapat mengembangkan sumberdaya alam yang cinta lingkungan, dengan adanya petani yang telah memahami pentingnya menjaga keseimbangan lingkungan hidup.
- 3) Diharapkan dengan mudahnya melakukan pengimbuhan dengan bahan lokal (Bambu) yang murah, mudah diperoleh, dan mudah di terapkan, akan meningkatkan konservasi air tanah oleh semua lapisan masyarakat.
- 4) Eksistensi air tanah yang mereka butuhkan akan terjamin dan mampu mendukung usahatani mereka secara berkelanjutan.

E. Batasan Masalah

Sehubungan dengan keterbatasan peneliti baik terhadap waktu maupun biaya peneliti, maka peneliti perlu menentukan batasan penelitian:

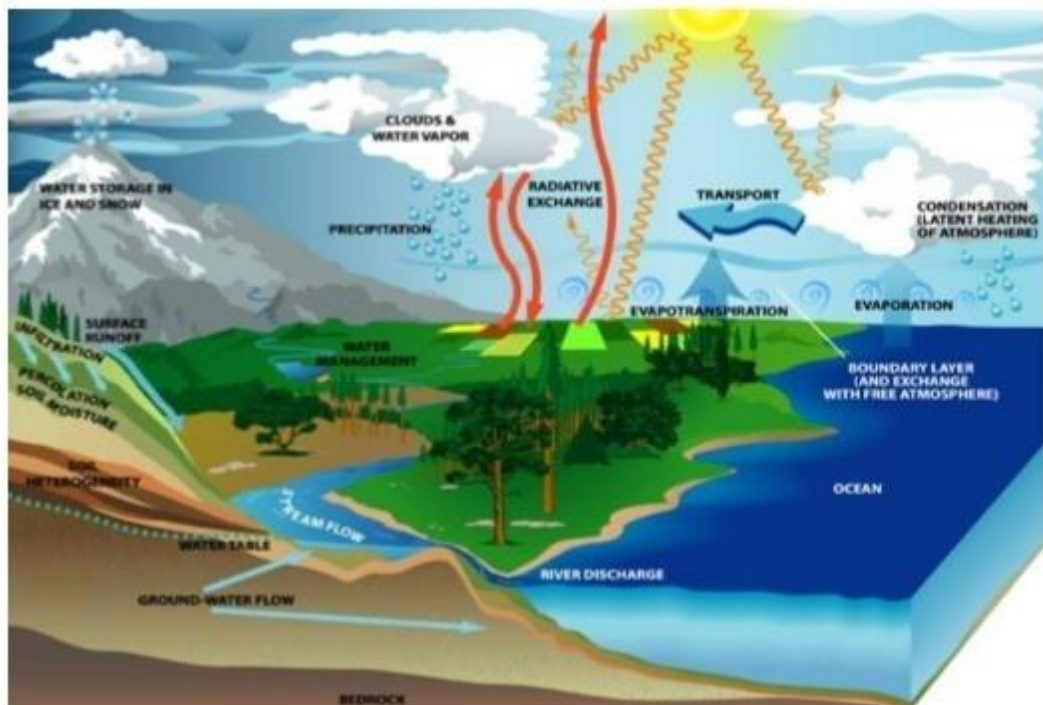
1. Pengimbuhan buatan yang menggunakan bambu sebagai alat pengimbuhan
2. Penelitian ini menguji seberapa efektivitas bambu sebagai bahan pengimbuhan
3. Variabel bambu yang diteliti hanya beragam kedalaman alat imbuhan (Bambu Rongga), sedangkan diameter, jumlah dan formasi alat imbuhan di kontrol
4. Bambu rongga yang di gunakan sebagai alat pengimbuhan di ambil 1m, dengan maksud agar pengimbuhan melampaui batas lapisan permukaan *semi-permeable* yang mempunyai ketebalan antara 0,80-1,00 meter.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Siklus Hidrologi

Menurut Triadmodjo B, 2008, Bahwasanya Siklus Hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian ke bumi lagi. Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan.



Gambar 2.1 Siklus hidrologi (Triatmodjo B, 2010)

Siklus air, juga dikenal sebagai siklus hidrologi atau siklus H_2O , menggambarkan pergerakan air yang kontinyu, pada diatas dan dibawah permukaan bumi. Massa air di Bumi masih cukup konstan sepanjang waktu tetapi pembagian air kedalam waduk besar es, air tawar, air asin dan air di atmosfer adlah variabel

yang tergantung pada berbagai variabel iklim. Air bergerak dari satu waduk yang lain, seperti dari sungai ke laut, atau dari laut ke atmosfer, oleh proses penguapan (*evaporation*), pengembunan (*condensation*), curah hujan (*precipitation*), resapan (*infiltration*), aliran permukaan (*runoff*), dan aliran bawah permukaan (*subsurface flow*) (Triatmodjo B, 2010).

Tidak semua air hujan yang terbentuk setelah proses presipitasi akan mengalir di permukaan bumi melalui *run off*. Sebagian kecil diantaranya akan bergerak ke dalam pori-pori tanah, merembes, dan terakumulasi menjadi air tanah. Proses penggerakan air ke dalam pori tanah ini disebut proses infiltrasi. Proses infiltrasi akan secara lambat membawa air tanah kembali ke laut. Setelah melalui *run off* dan infiltrasi, air yang telah mengalami siklus hidrologi tersebut akan kembali berkumpul di lautan. Air tersebut secara berangsur-angsur akan kembali mengalami siklus hidrologi selanjutnya diawali proses evaporasi (Triatmodjo B, 2010).

Setelah keadaan jenuh pada lapisan tanah bagian atas terlampaui, sebagian dari air tersebut mengalir ke tanah yang lebih dalam sebagai akibat gaya gravitasi bumi dan dikenal sebagai proses Perkolasi (Asdak, C, 1995).

Untuk menjaga siklus hidrologi agar komponen utamanya dapat bekerja sebagaimana mestinya, maka perlu dipertahankan kesetimbangan melalui proses pengisian air hujan dengan meresapkannya ke dalam pori-pori/rongga tanah, batuan atau yang disebut dengan upaya konservasi air (Asdak, C, 1995).

Prinsip dasar konservasi air adalah mencegah atau meminimalkan air yang hilang sebagai aliran permukaan dan menyimpannya semaksimal mungkin ke dalam tubuh bumi (Arsyad. S, 2006).

Menurut ilmu hidrologi, infiltrasi merupakan aliran air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Didalam tanah air mengalir dalam arah lateral, sebagai aliran antara (*interflow*) menuju mata air, danau dan sungai; atau secara vertikal, yang dikenal dengan perkolasi (*percolation*) menuju air tanah. dan dalam infiltrasi juga dikenal dua istilah yaitu kapasitas infiltrasi dan laju infiltrasi, yang dinyatakan dalam mm/jam. Kapasitas infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum yang ditentukan oleh jenis tanah dimana terjadinya infiltrasi, sedangkan laju infiltrasi adalah kecepatan infiltrasi yang nilainya tergantung pada kondisi tanah dan kapasitas hujan. Suatu tanah dalam kondisi kering memiliki daya serap yang tinggi sehingga laju infiltrasi semakin besar, dan akan berkurang perlahan-lahan apabila tanah tersebut jenuh terhadap air (Asdak.C, 1995).

Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi yaitu kedalaman genangan dan tebal lapisan jenuh, kelembaban tanah, pemampatan oleh hujan, penyumbatan oleh butir halus, tanaman penutup, topografi, dan intensitas hujan (Asdak.C, 1995).

1. Elemen Dalam Siklus Hidrologi

Menurut Hakim dkk, 1986, bahwasanya Pergerakan air di bumi yang merupakan suatu sistem yang tertutup, yang berarti pergerakan air pada sistem tersebut selalu tetap berada pada sistemnya. Energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan

vegetasi dan tanah, di laut dan badan-badan air lainnya. Uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung maupun pada daerah datar dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan sebagian dari uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan. Matahari. Yang mendorong siklus air, memanaskan air di samudera dan laut. Air menguap menjadi uap air di udara. Es, hujan, dan salju dapat berubah secara langsung menjadi uap.

Melalui proses penguapan (*evaporasi*) dilaut dan disebagian kecil permukaan bumi, yaitu berupa penguapan dari tampungan air disungai, waduk, permukaan tanah serta transpirasi dari tanaman Proses penguapan dapat terjadi karena adanya pemanasan oleh matahari sebagai sinar energi bagi alam. Uap air yang terangkat ke atas atmosfer *clan* melalui proses kondensasi dapat terbentuk. Butiran awan, akibat berbagai sebab klimatologi tertentu dapat membawa butir awan tersebut ke atas daratan membentuk awan hujan (*rain cloud*). Tidak semua butir awan hujan tersebut akan jatuh sampai dipermukaan bumi sebagai hujan, ukuran butir awan hujan yang tidak cukup berat untuk melawan gaya gesekan dan gaya tekan udara ke atas akan melayang dan diuapkan kembali menjadi awan. Bagian yang sampai di bumi dikatakan sebagai hujan (*precipitation*) yang sebagian akan tertahan oleh tanaman dan bangunan yang akan diuapkan kembali. Bagian ini merupakan air hujan yang tak terukur dan disebut intersepsi (*interception*). Bagian yang sampai dipermukaan tanah akan mengalir sebagai limpasan permukaan (*over land flow*) menuju ke tampungan aliran berupa saluran atau sungai menuju laut. Sebelum sampai disaluran atau sungai limpasan permukaan tersebut akan mengalami proses infiltrasi ke bawah permukaan tanah yang sebagian akan

bergerak ke bawah merupakan air perkolasi menuju zona tampungan air tanah (*aquifer, ground water storage*) dan sebagian lain bergerak mendatar dibawah permukaan tanah sebagai *sub surface flow* atau aliran antara (*inter flow*) menuju ke saluran, tampungan waduk, danau, sungai atau laut. Sering kali bagian yang melimpas menuju alur sungai disebut dengan aliran permukaan tanah (*surface run off*) (Hakim dkk, 1986).

Evapotranspirasi adalah air terjadi dari tanaman dan menguap dari tanah. Meningkatnya aliran udara yang membawa uap samapai ke atmosfer dan temperatur yang lebih dingin akan menyebabkan itu mengembun dan menjadi awan. Aliran udara yang menggerakkan uap air di seluruh dunia, sehingga partikel awan bertabrakan, tumbuh, dan jatuh dari lapisan atmosfer bagian atas sebagai presipitasi. Beberapa presipitasi jatuh sebagai salju atau hujan es, dan dapat terakumulasi sebagai es dan gletser, yang dapat menyimpan air beku untuk ribuan tahun (Hakim dkk, 1986).

Kebanyakan air jatuh kembali ke lautan atau ketanah sebagai hujan, dimana air mengalir atas sebagai aliran (limpasan) permukaan. Sebagian aliran masuk sungai di lembah dalam lanskap, dengan debit sungai air bergerak menuju lautan. Limpasan dan air yang muncul dari tanah (air tanah) dapat di simpan sebagai air tawar di danau. Tidak semua limpasan mengalir ke sungai, banyak yang meresap ke dalam tanah sebagai infiltrasi (Hakim dkk, 1986).

Sebagian air menyerap ke dalam tanah dan mengisi ulang sumber air, yang dapat menampung air tawar untuk jangka waktu yang lama. Sebagian resapan bisa berada di dekat dengan permukaan tanah dan bisa merembes kembali ke permukaan

badan air (dan laut) sebagai debit air tanah. Sebagian memiliki celah pada permukaan tanah, sehingga air keluar sebagaimana air tawar.pada lembah sungai dan banjir dataran seringkali ada pertukan air secara kontinyu antara air permukaan dan air tanah di *zone hyporheic*. Seiring waktu itu, air kembali ke laut, untuk melanjutkan siklus air (Hakim dkk, 1986).

2. Peranan Air Tanah dalam Siklus Hidrologi

Salah satu planet dalam tata surya yang mempunyai kandungan air yang cukup banyak adalah bumi. Lapisan air yang menyelimuti bumi disebut hidrosfer. Hidrosfer merupakan lapisan yang terdapat dibagian luar bumi terdiri atas air laut, sungai, danau, air dalam tanah, dan resapan-resapan. Presentase air paling banyak terdapat dilautan, yakni sekitar 97,5%, dalam bentuk es 75%, dan dalam bentuk uap di udara sekitar 0,001%.

Air merupakan salah satu unsur yang vital dalam kehidupan. Air dapat ditemukan disemua tempat dipermukaan bumi ini. Air merupakan sumber daya abiotik yang keberadaannya tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Hampir semua kegiatan hidup manusia bersinggungan langsung dengan air. Misalnya, air digunakan untuk keperluan minum, memasak, mencuci, dan lain-lain. Dari contoh-contoh itu bisa kita jadikan titik tolak untuk menyimpulkan seberapa penting peran air bagi kehidupan yang ada dibumi.

Menurut E.M.Wilson (1993), bahwa curah hujan yang masuk ke dalam tanah dan meresap ke lapisan yang di bawahnya disebut air tanah. Banyaknya air yang yang dapat tertampung di bawah permukaan bergantung pada kesarangan lapisan di bawah tanah. Lapisan pembawa air disebut akuifer atau pehantar, dapat

terdiri dari bahan lepas seperti pasir dan kerikil atau bahan yang mengeras seperti batu pasir dan batu gamping. Batu gamping nisbi kedap, tetapi dapat larut dalam air jadi sering memiliki kekar dan lorong yang lebar-lebar yang membuat batuan itu secara keseluruhan serupa dengan batuan sarang dalam kemampuannya itu secara keseluruhan serupa dengan batuan sarang dalam kemampuannya untuk memegang air dan bertindak sebagai lapisan pembawa air.

Menurut Puerwana, (1983), Bahwasanya Sebagai air hujan yang mencapai permukaan tanah akan menyerap ke dalam tanah dan akan menjadi air tanah. Sebelum mencapai lapisan tempat air tanah air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah sampai berubah sifatnya. Pada lapisan tanah atas (*topsoil*), lapisan ini terjadi kegiatan bakteri yang cukup banyak sambil melepaskan CO₂. Bakteri yang ada pada zone ini dapat bersama air masuk ke dalam tanah pada kedalaman tertentu..

Mikroorganisme tersebar luas di alam dan sudah terbiasa masuk ke dalam air di alam. Oleh sebab itu, *flora mikroba* badan air menggambarkan riwayat pembentukan kolonisasi dalam air. Air tanah cenderung mengandung mikroorganisme tanah sedangkan air permukaan mengandung lebih banyak jenis flora.

Air tanah (*ground water*) berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses-proses yang telah dialami air hujan tersebut, di dalam perjalanannya ke bawah tanah, air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan.

Air tanah memiliki beberapa kelebihan dibanding sumber air lain. Pertama, air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu mengalami proses purifikasi atau penjernihan. Persediaan air tanah juga cukup tersedia sepanjang tahun, saat musim kemarau sekalipun. Sementara itu air tanah juga memiliki beberapa kerugian atau kelemahan dibanding sumber air lainnya. Air tanah mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi yang tinggi. Konsentrasi yang tinggi dari zat-zat mineral seperti magnesium, kalsium dan logam berat seperti besi dapat menyebabkan kesadahan air.

Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah di dalam zona jenuh, dimana tekanan hidrostatisnya sama atau lebih besar dari tekanan atmosfer. Air tanah terutama berasal dari air hujan yang jatuh dipermukaan tanah/ bumi dan sebagian besar meresap kedalam tanah dan mengisi rongga-rongga atau pori-pori di dalam tanah. Kandungan air tanah di dalam tanah tergantung dari struktur tanahnya, apakah merembes atau yang mempunyai lapisan kedap air.

B. Permeabilitas

1. Pengertian Permeabilitas

Permeabilitas tanah adalah suatu kesatuan yang meliputi infiltrasi tanah dan bermanfaat sebagai permudahan dalam pengolahan tanah (Dede rohmat, 2009). Permeabilitas tanah memiliki lapisan atas dan bawah. Lapisan atas berkisar antara lambat sampai agak cepat ($0,20 - 9,46 \text{ cm jam}^{-1}$), sedangkan di lapisan bawah tergolong agak lambat sampai sedang ($1,10 - 3,62 \text{ cm jam}^{-1}$) (N.Suharta dan B. H Prasetyo, 2008).

Jamulya (1993), mengemukakan bahwa permeabilitas adalah cepat lambatnya air merembes ke dalam tanah baik melalui pori makro maupun pori mikro baik ke arah horizontal maupun vertikal. Tanah adalah kumpulan partikel padat dengan rongga yang saling berhubungan. Rongga ini memungkinkan air dapat mengalir di dalam partikel melalui rongga dari satu titik yang lebih tinggi ke titik yang lebih rendah. Sifat tanah yang memungkinkan air melewatinya pada berbagai laju alir tertentu disebut permeabilitas tanah. Sifat ini berasal dari sifat alami granular tanah, meskipun dapat dipengaruhi oleh faktor lain (seperti air terikat di tanah liat). Jadi, tanah yang berbeda akan memiliki permeabilitas yang berbeda.

Koefisien permeabilitas terutama tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan struktur tanah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan makin rendah koefisien permeabilitasnya. Berarti suatu lapisan tanah berbutir kasar yang mengandung butiran-butiran halus memiliki harga k yang lebih rendah dan pada tanah ini koefisien permeabilitas merupakan fungsi angka pori. Kalau tanahnya berlapis-lapis permeabilitas untuk aliran sejajar lebih besar dari pada permeabilitas untuk aliran tegak lurus. Lapisan permeabilitas lempung yang bercelah lebih besar dari pada lempung yang tidak bercelah (*unfissured*).

2. Proses Rembesan Air Tanah

Semua macam tanah terdiri dari butiran-butiran dengan ruangan pori (*voids*) antara butir-butir tersebut. Pori-pori ini selalu berhubungan satu dengan yang lain sehingga air dapat mengalir melalui ruangan pori tersebut. Proses ini di

sebut rembesan (*seepage*) dan kemampuan tanah untuk dapat dirembes air disebut daya rembesan (*permeability*).

Rembesan air dalam tanah hampir selalu berjan secara “*linear*”, yaitu jalan atau garis yang di tempuh air merupakan garis dengan bentuk yang teratur (*smooth curve*). Dalam hal ini kecepatan merembes adalah menurut suatu hukum yang di sebut hukum *Darcy (Darcy’s law)* (E.M. Wilson, 1993).

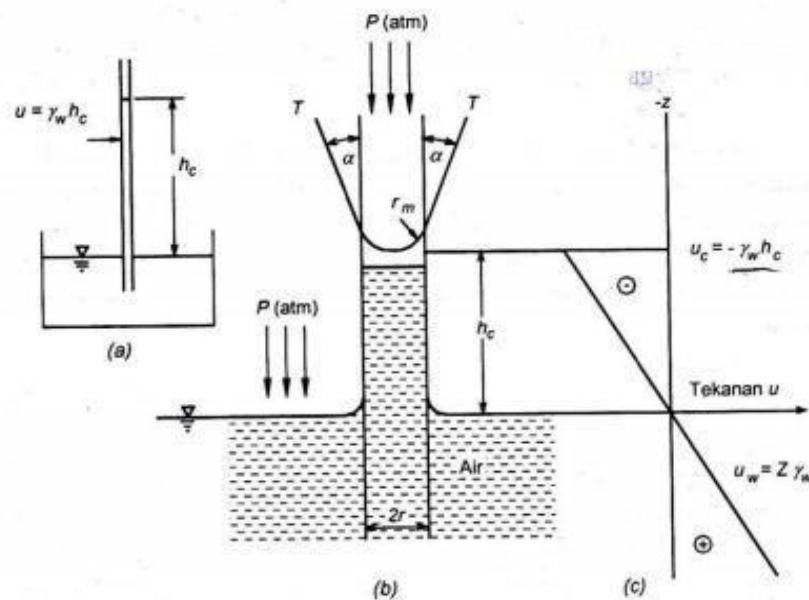
lapisan rembesan air yang berisi kandungan air tanah yang bertekanan lebih besar dari tekanan udara bebas/tekanan atmosfer, karena bagian bawah dan atas dari akuifer ini tersusun dari lapisan kedap air (*impermeable layers*) adalah akuifer tertekan (*confined aquifer*), dan lapisan rembesan air yang mempunyai lapisan dasar kedap air, tetapi bagian atas muka air tanah lapisan ini tidak kedap air, sehingga kandungan air tanah yang bertekanan sama dengan tekanan udara bebas/tekanan atmosfer merupakan akuifer tak tertekan/bebas (*unconfined aquifer*)

C. Kapilaritas

1. Tekanan Kapiler

Tekanan kapiler (P_c) didefinisikan sebagai perbedaan tekanan yang ada antara permukaan dua fluida yang tidak tercampur (cairan-cairan atau cairan-gas) sebagai akibat dari terjadinya pertemuan permukaan yang memisahkan mereka. Tekanan kapiler dapat timbul karena adanya tarikan lapisan tipis permukaan air sebelah atas. Kejadian ini disebabkan oleh adanya pertemuan antara dua jenis material yang berbeda sifatnya. Pada prinsipnya, tarikan permukaan adalah hasil perbedaan gaya tarik antara molekul-molekul pada bidang singgung pertemuan dua material yang berbeda sifatnya (Hardiyatmo, HC 2012: 155).

Kejadian tarikan permukaan dapat dilihat dari percobaan laboratorium pada pipa kapiler yang dicelupkan dalam bejana berisi air. Ketinggian air dalam pipa kapiler akan lebih tinggi dari pada tinggi air dalam bejana (Gambar 2). Permukaan air dalam cairan membentuk sudut α terhadap dinding pipa. Tekanan pada permukaan air dalam pipa dan tekanan pada permukaan air pada bejana akan sama dengan tekanan atmosfer. Tidak adanya gaya luar yang mencegah air dalam pipa dalam kedudukannya menunjukkan bahwa suatu gaya tarik bekerja pada lapisan tipis permukaan air dalam pipa kapiler (Hardiyatmo, HC 2012: 155).



Gambar 2.2. Analogi Air Kapiler dalam Lapisan Tanah dan Kedudukannya (Holtz & Kovacs, 1981)

Akibat tekanan kapiler, air tanah tertarik ke atas melebihi permukaannya dan mengisi ruang (pori) diantara butiran tanah. Pori-pori tanah sebenarnya bukan sistem pipa kapiler, tapi teori kapiler dapat diterapkan guna mempelajari kelakuan air tanah pada zone kapiler. Air dalam zone kapiler ini dapat dianggap bertekanan

negative, yaitu mempunyai tekanan di bawah tekanan atmosfer (Hardiyatmo, HC 2012: 155).

Diagram kapilaritas suatu lapisan tanah, dapat dilihat pada gambar 2. Tinggi $h_{c(min)}$ dipengaruhi oleh ukuran maksimum pori-pori tanah (Hardiyatmo, HC 2012: 155). Di dalam batas antara $h_{c(min)}$ dan $h_{c(mak)}$, tanah dapat bersifat jenuh sebagian (*partially saturated*). Terzhahi dan Peck (1948) menyarankan hubungan pendekatan antara $h_{c(mak)}$ dan diameter butiran, sebagai berikut:

$$hc = \frac{c}{eD_{10}} (mm)$$

dengan C adalah konstanta yang bergantung pada bentuk butiran dan sudut kontak (C bervariasi diantara 10-50 mm²), sedang D₁₀ adalah diameter efektif yang dinyatakan dalam milimeter. Hansbo (1975) menyarankan tinggi air kapiler untuk berbagai macam tanah seperti yang ditunjukkan dalam tabel 2.

Pengaruh tekanan kapiler pada tanah adalah menambah tegangan efektif. Jika tekanan kapiler membesar, maka tegangan kontak diantara partikel membesar pula (Hansbo,1975). Akibatnya, ketahanan tanah terhadap geser atau kuat geser tanah bertambah.

Tabel 1. Ketinggian air kapiler

Macam Tanah	Kondisi Longgar	Kondisi padat
Pasir kasar	0,03-0,12 m	0,04-0,15 m
Pasir sedang	0,12-0,50 m	0,35-1,10 m
Pasir halus	0,30-2,00 m	0,40-3,50 m

Lanau	1,50-10,0 m	2,50-12,0 m
Lempung		> 10 m

Sumber : (Hansbo, 1975)

2. Hubungan Tekstur Tanah dan Kadar Air Tanah

Tekstur tanah yang berbeda mempunyai kemampuan menahan air yang berbeda pula. Tanah bertekstur halus, contohnya: tanah bertekstur liat, memiliki ruang pori halus yang lebih banyak, sehingga berkemampuan menahan air lebih banyak. Sedangkan tanah bertekstur kasar, contohnya: tanah bertekstur pasir, memiliki ruang pori halus lebih sedikit, sehingga kemampuan menahan air lebih sedikit pula (Hardiyatmo, HC 2012: 155).

Menurut Hardjowigeno (1992), bahwa air terdapat dalam tanah karena ditahan (diserap) oleh massa tanah, tertahan oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Air dapat meresap atau ditahan oleh tanah karena adanya gaya-gaya adhesi, kohesi, dan gravitasi. Karena adanya gaya-gaya tersebut maka air dalam tanah dapat dibedakan menjadi:

- a. Air hidroskopik, adalah air yang diserap tanah sangat kuat sehingga tidak dapat digunakan tanaman, kondisi ini terjadi karena adanya gaya adhesi antara tanah dengan air. Air hidroskopik merupakan selimut air pada permukaan butir-butir tanah.
- b. Air kapiler, adalah air dalam tanah dimana daya kohesi (gaya tarik menarik antara sesama butir-butir air) dan daya adhesi (antara air dan tanah) lebih kuat dari gravitasi. Air ini dapat bergerak secara horisontal (ke samping) atau

vertikal (ke atas) karena gaya-gaya kapiler. Sebagian besar dari air kapiler merupakan air yang tersedia (dapat diserap) bagi tanaman.

D. Efektivitas

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, kata Efektif mempunyai arti efek, pengaruh, akibat atau dapat membawa hasil. Jadi, efektivitas adalah keaktifan, daya guna, adanya kesesuaian dalam suatu kegiatan orang yang melaksanakan tugas dengan sasaran yang dituju. Efektivitas pada dasarnya menunjukkan pada taraf tercapainya hasil, sering atau senantiasa dikaitkan dengan pengertian efisien, meskipun sebenarnya ada perbedaan diantara keduanya. Efektivitas menekankan pada hasil yang dicapai, sedangkan efisiensi lebih melihat pada bagaimana cara mencapai hasil yang dicapai itu dengan membandingkan antara input dan outputnya (Siagaan,2001:24).

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa efektivitas adalah suatu keadaan yang menunjukkan sejauh mana rencana dapat tercapai. Semakin banyak rencana yang dapat dicapai, semakin efektif pula kegiatan tersebut, sehingga kata efektivitas dapat juga diartikan sebagai tingkat keberhasilan yang dapat dicapai dari suatu cara atau usaha tertentu sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai. Media pembelajaran bisa dikatakan efektif ketika memenuhi kriteria, diantaranya mampu memberikan pengaruh, perubahan atau dapat membawa hasil. Ketika kita merumuskan tujuan instruksional, maka efektivitas dapat dilihat dari seberapa jauh tujuan itu tercapai. Semakin banyak tujuan tercapai, maka semakin efektif pula media pembelajaran tersebut.

Menurut Sondang dalam Othenk (2008: 4), bahwasanya Efektivitas adalah pemanfaatan sumber daya, sarana dan prasarana dalam jumlah tertentu yang secara sadar ditetapkan sebelumnya untuk menghasilkan sejumlah barang atas jasa kegiatan yang dijalankannya. Efektivitas menunjukkan keberhasilan dari segi tercapai tidaknya sasaran yang telah ditetapkan. Jika hasil kegiatan semakin mendekati sasaran, berarti makin tinggi efektivitasnya. Sejalan dengan pendapat tersebut, Abdurahmat dalam Othenk (2008: 7), efektivitas adalah pemanfaatan sumber daya, sarana dan prasarana dalam jumlah tertentu yang secara sadar ditetapkan sebelumnya untuk menghasilkan sejumlah pekerjaan tepat pada waktunya. Dapat disimpulkan bahwa efektivitas berkaitan dengan terlaksananya semua tugas pokok, tercapainya tujuan, ketepatan waktu, dan partisipasi aktif dari anggota serta merupakan keterkaitan antara tujuan dan hasil yang dinyatakan, dan menunjukkan derajat kesesuaian antara tujuan yang dinyatakan dengan hasil yang dicapai.

E. Konservasi Air Tanah

Menurut Arsyad, S. 2006, Mengemukakan bahwasanya Konservasi tanah dalam arti luas adalah penempatan tanah pada cara penggunaan yang sesuai dengan kemampuan tanah tersebar dan memperlakukannya sesuai dengan syarat-syarat yang di perlakukan agar tidak terjadi kerusakan tanah. Dalam arti sempit konservasi tanah diartikan sebagai upaya untuk mencegah kerusakan tanah oleh erosi dan memperbaiki tanah yang rusak oleh erosi.

Konservasi air pada prinsipnya adalah penggunaan air hujan yang jauh ke tanah untuk pertanian seefisien mungkin, dan mengetur waktu aliran agar tidak

terjadi banjir yang dapat meusak serta tersedianya air pada musim kemarau (Arsyad. S, 2006).

Konservasi tanah dan air sangat erat hubungannya karena setiap perlakuan pada sebidang tanah akan mempengaruhi tata air pada teknik konservasi tanah dan air (Arsyad. S, 2006).

Terminologi konservasi air tanah menurut Danaryanto, et al. (2007) adalah “upaya melindungi dan memelihara keberadaan, kondisi dan lingkungan air tanah guna mempertahankan kelestarian atau kesinambungan ketersediaan dalam kuantitas dan kualitas yang memadai, demi kelangsungan fungsi dan kemanfaatannya untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik waktu sekarang maupun pada generasi yang akan datang”.

Konservasi air tanah merupakan usaha penggunaan air yang meresap ke dalam tanah se-optimal mungkin. Kegiatan konservasi air tanah juga mengatur waktu aliran air sehingga tidak terjadi banjir air di musim penghujan, dan tidak terjadi kekeringan pada musim kemarau (Arsyad. S, 2006).

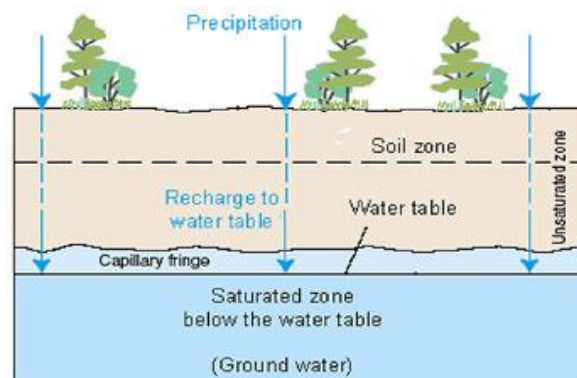
Pada dasarnya tujuan yang ingin dicapai dari konservasi tanah dan air tidak lain adalah untuk menjamin pemanfaatan berkelanjutan dan kelestarian dari lahan yang ada. Hal ini dapat dilihat pada pasal-3 pada undang-undang tersebut yang menegaskan bahwa penyelenggaraan konservasi tanah dan air bertujuan :

- a. Melindungi permukaan tanah dari pukulan air hujan yang jatuh, meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah, dan mencegah terjadinya konsentrasi aliran permukaan;
- b. menjamin fungsi tanah pada lahan agar mendukung kehidupan masyarakat;

- c. mengoptimalkan fungsi tanah pada lahan untuk mewujudkan manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan hidup secara seimbang dan lestari;
- d. meningkatkan daya dukung DAS;
- e. meningkatkan kemampuan kapasitas dan memberdayakan keikutsertaan masyarakat secara partisipatif; dan
- f. menjamin kemanfaatan konservasi tanah dan air secara adil dan merata untuk kepentingan masyarakat.

F. Pengimbuhan Air Tanah

Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya bahwa air yang disebut dengan air tanah adalah semua air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Keberadaan air tanah di dalam lapisan tanah tidak terlepas dari adanya proses infiltrasi dari air permukaan, baik air hujan ataupun air yang terdapat pada berbagai reservoir permukaan seperti sungai, danau, embung, bendung, dan lain sebagainya. Air dari permukaan tanah berinfiltrasi ke dalam lapisan tanah untuk mengisi pori-pori tanah yang tak jenuh, akibat gaya gravitasi bumi (Davie Tim, 2008).



Gambar 2.3. Proses Pengimbuhan Alami (Davie Tim (2008)).

Apabila ditinjau dari sifatnya terhadap air batuan tersebut menurut Danaryanto et al. (2005), lapisan tanah/batuan dapat dibedakan atas:

1) *Akuifer (aquifer)*

Suatu lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang *permeable* baik yang terkonsolidasi (lempung) maupun yang tidak terkonsolidasi (pasir) dengan kondisi jenuh air dan mempunyai suatu besaran konduktivitas hidraulik (K) sehingga dapat membawa air (atau air dapat diambil) dalam jumlah (kuantitas) yang ekonomis. Pasir dan kerikil merupakan contoh suatu jenis akuifer. Keberadaan lapisan akifer ini sangat penting dalam usaha penyadapan air tanah (Danaryanto et al. 2005).

2) *Aquiclude (lapisan kedap air)*

Suatu lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang kedap air (*impermeable*) dengan nilai konduktivitas hidraulik yang sangat kecil sehingga tidak memungkinkan air untuk melewatinya. Dapat dikatakan pula bahwa aquiclude ini merupakan lapisan pembatas atas dan pembatas bawah suatu *confined aquifer*. Lempung padat adalah salah satu jenis dari *aquiclude* (Danaryanto et al. (2005).

3) *Aquitard (semi impervious layer)*

Suatu lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang *permeable* dengan nilai konduktivitas hidraulik yang kecil namun masih memungkinkan air melewati lapisan ini walaupun dengan gerakan yang sangat lambat. Dapat dikatakan pula bahwa aquitard ini merupakan lapisan pembatas atas dan

pembatas bawah suatu *semi confined aquifer*. Salah satu jenis lapisan aquitard adalah lempung pasir (Danaryanto et al. 2005).

4) *Aquifug*

Suatu lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang relatif kedap air, yang tidak mengandung ataupun tidak dapat mengalirkan air (air sama sekali tidak dapat melewatinya). Contoh lapisan aquifug adalah jenis batuan granit (Danaryanto et al. 2005).

G. Kerangka Pikir Penelitian

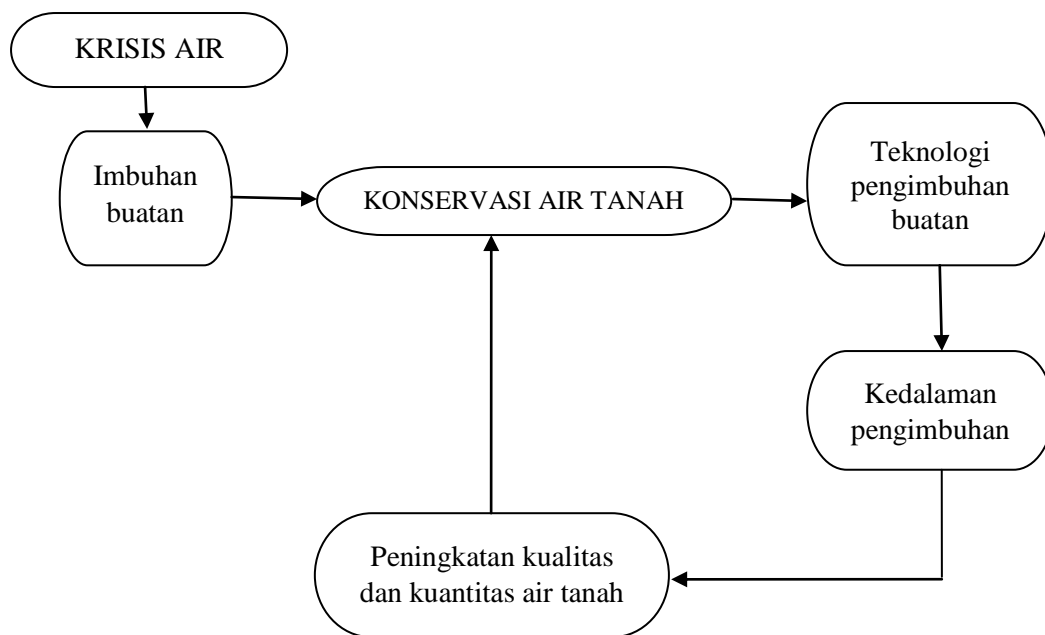
Krisis air tanah telah melanda dunia secara global. Hal ini disebabkan karena menurunnya kapasitas resapan pembukaan tanah, baik akibat penutupan permukaan oleh berbagai macam bangunan dan fasilitas infrastuktur, maupun akibat menipisnya vegetasi di permukaan tanah. Disamping itu eksploitasi air tanah untuk berbagai keperluan kehidupan umat manusia telah memberi kontribusi besar terhadap terjadinya krisis air tanah.

Upaya penyelamatan air tanah telah diupayakan oleh berbagai pihak, baik yang berskala global maupun upaya yang bersifat nasional dan regional. Pemerintah Indonesia baik pusat maupun daerah telah mengeluarkan beberapa regulasi tentang pemanfaatan sumber daya air tanah secara hemat dan terkendali. Salah satu regulasi yang bersifat spesifik adalah peraturan menteri ESDM NO. 15 tahun 2012 tentang Penghematan Penggunaan Air Tanah. Dalam peraturan tersebut ditekankan berbagai hal tentang upaya penghematan penggunaan air tanah, yang mana peran pembinaan dan pengendalian berada di pihak pemerintah, sementara

peran pengawasan penggunaan air tanah terbuka untuk masyarakat umum, bahkan peran penindakan terhadap pelanggar peraturan tersebut dapat dilakukan oleh penegak hukum.

Hal yang belum diatur pemerintah dalam upaya menyelamatkan air tanah adalah regulasi tentang kewajiban pemakai air tanah untuk melakukan pengimbuhan (*recharge*). Upaya pengimbuhan air tanah merupakan rekayasa (buatan) untuk menyuntikkan air permukaan ke dalam lapisan tanah pada saat air di permukaan tanah berlimpah (hujan), sehingga volume infiltrasi air permukaan ke dalam tanah lebih besar, dibandingkan bila air permukaan hanya terinfiltrasi secara alamiah melalui pori-pori tanah. Upaya menyimpan air hujan ke dalam lapisan tanah semacam ini, dapat diistilahkan dengan panen air hujan.

Berdasarkan alur pemikiran yang terurai di atas, maka skema kerangka pikir penelitian ini dapat di gambarkan sebagai berikut :



Gambar.2.4. Skematik Kearangka Pikir

Skema di atas memperlihatkan bahwa pada kondisi kritis air tanah, semestinya memerlukan tindakan konservasi dengan teknologi pengimbuhan buatan dalam upaya konservasi air tanah.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di wilayah Dusun Biring Ala Desa Moncobang Kecamatan Barombong Kabupaten Gowa, dimana petani sawah dan palawija di wilayah tersebut menggunakan air tanah sebagai air irigasi pada saat musim kemarau.

B. Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian pengembangan (*Research and Development*) dalam bentuk eksperimen lapangan (*field experimental*), yang akan menguji coba dan mengembangkan alternatif penggunaan bambu sebagai alat pengimbuah untuk upaya konservasi air tanah dangkal.

C. Variabel penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut sifat atau nilai dari orang, obyek, atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2012).

Pada penelitian ini telah ditentukan 2 (dua) variabel, yaitu variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*).

a) Variabel Bebas (*Independent variable*)

Menurut Sugiyono (2011), bahwa variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel

terikat (dependen). Variabel bebas pada penelitian ini yaitu “Kerapatan pengimbuhan bambu rongga”

b) Variabel Terikat (*Dependent variable*)

Variabel terikat (*dependent variable*) merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2011). Variabel terikat pada penelitian ini yaitu “Imbuhan Air Tanah ”.

D. Defenisi Operasional Variabel

Berdasarkan rumusan variabel penelitian di atas, pengusul mengemukakan definisi operasional yang akan menjadi rujukan di dalam pelaksanaan penelitian ini, yaitu :

- 1) Imbuhan Air Tanah adalah volume air tanah yang mengisi akuifer. Volume imbuhan diukur dengan kenaikan muka air tanah dalam sumur uji yang diamati setiap terjadi pengimbuhan.
- 2) Jumlah titik imbuhan “bambu rongga” adalah banyaknya pengimbuhan yang dipasang pada satu formasi yang mengelilingi sumur sumur uji dalam penerapan “bambu rongga”.

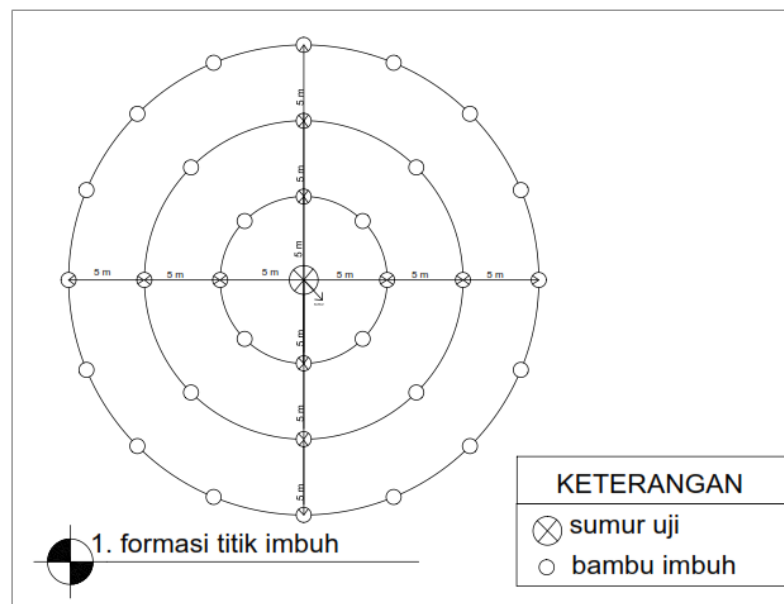
Kedalaman pengimbuhan “bambu rongga” adalah kedalaman pengimbuhan yang dipasang pada satu formasi yang mengelilingi sumur sumur uji dalam penerapan “bambu rongga”.

E. Rancangan Penelitian

Secara keseluruhan desain “bambu rongga” yang di gunakan seragam dengan ketentuan (a) Jumlah titik imbuh seragam yaitu 32 titik. (b) Diameter bambu 7,5 cm.

Penelitian untuk mengetahui pengaruh kedalaman imbuan diamati 4 komposisi sumur uji dengan jumlah “bambu rongga” yang seragam yaitu 32 titik. Di perlukan juga panjang bambu 4 macam yaitu (1m, 1.25m, 1,5m, 1,75m).

Formasi kedalaman imbuan yang akan diamati sesuai rencana penelitian dengan digambarkan dengan sketsa berikut :



Gambar 3.1. Sketsa Rancangan Penelitian

F. Instrumen Penelitian

Peralatan dan bahan yang dipergunakan dalam pelaksanaan penelitian eksperimen ini antara lain :

- 1) Bambu lokal dengan diameter lubang yang seragam (kurang lebih 7,5 cm)
- 2) Alat bor listrik, untuk melubangi bambu.
- 3) Ombrometer, untuk mengukur curah hujan.
- 4) Meter roll, untuk mengukur kedalaman muka air tanah.
- 5) Pipa PVC diameter 4 inci, untuk pembuatan sumur uji, dan sumur kontrol.

G. Teknik Pengumpulan Data

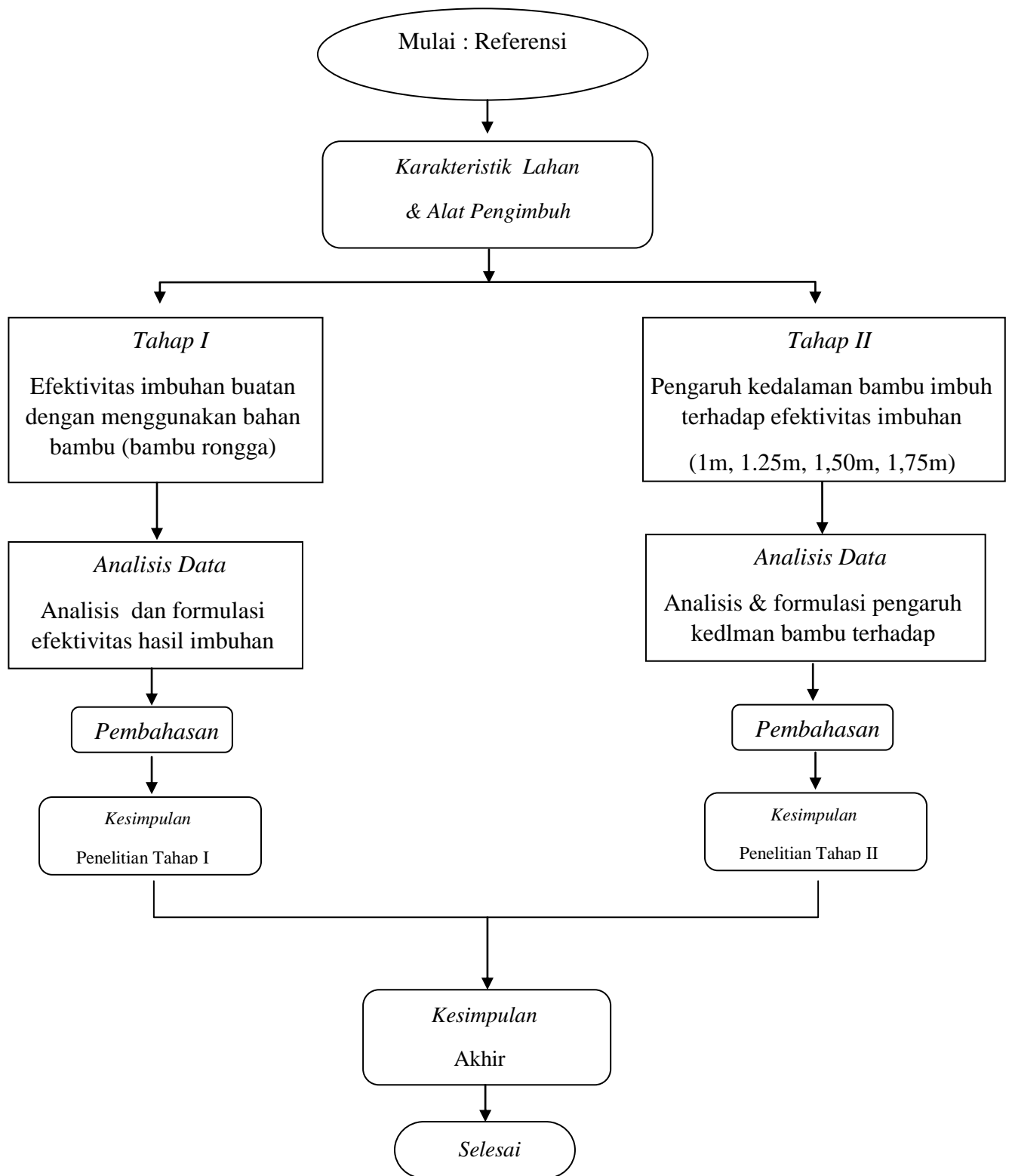
Untuk melihat volume imbuhan tanah, data dapat dikumpulkan melalui pengukuran langsung terhadap kenaikan muka air tanah setiap terjadinya penggenangan air permukaan akibat hujan. Pengukuran ini didasarkan pada *incident* hujan yang meninggalkan genangan permukaan dan *increment* waktu proses imbuhan berlangsung. Kenaikan muka air tanah mulai diukur setelah permukaan air di dalam sumur uji sudah berada di bawah penampang sumur, dan diamati setiap jam sampai permukaan air tanah tidak mengalami perubahan lagi, dan kondisi muka air tanah yang terakhir dicatat sebagai elevasi muka air tanah sesudah hujan. Selisih antara elevasi muka air tanah sesudah hujan dengan elevasi muka air tanah sebelum hujan, akan dicatat sebagai kenaikan air tanah yang terjadi. Untuk mengetahui efektivitas penerapan imbuhan buatan “bambu rongga”, dapat dilihat dari selisih antara kenaikan muka air tanah dalam sumur uji dengan kenaikan muka air tanah pada sumur kontrol.

H. Teknik Analisis Data

Sesuai dengan variabel penelitian, data penelitian ini berupa pengamatan terhadap nilai kenaikan muka air tanah, yang terjadi pada setiap sumur uji pada tiap terjadinya pengimbuhan (hujan). Data tersebut dianalisis dengan teknik statistik deskriptif, dan digambarkan dalam bentuk grafik kenaikan muka air tanah pada setiap *incident* terjadinya hujan. Untuk mengetahui pengaruh antara variabel penelitian akan dilakukan analisis regresi, dan untuk mengetahui kekuatan hubungan variabel penelitian akan dilakukan analisis korelasi.

I. Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan variabel yang akan diamati dan dianalisis dalam penelitian ini, maka dapat digambarkan alur penelitian ini seperti yang tergambar di bawah ini :



Gambar. 3.2. Bagan Alir Penelitian

BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

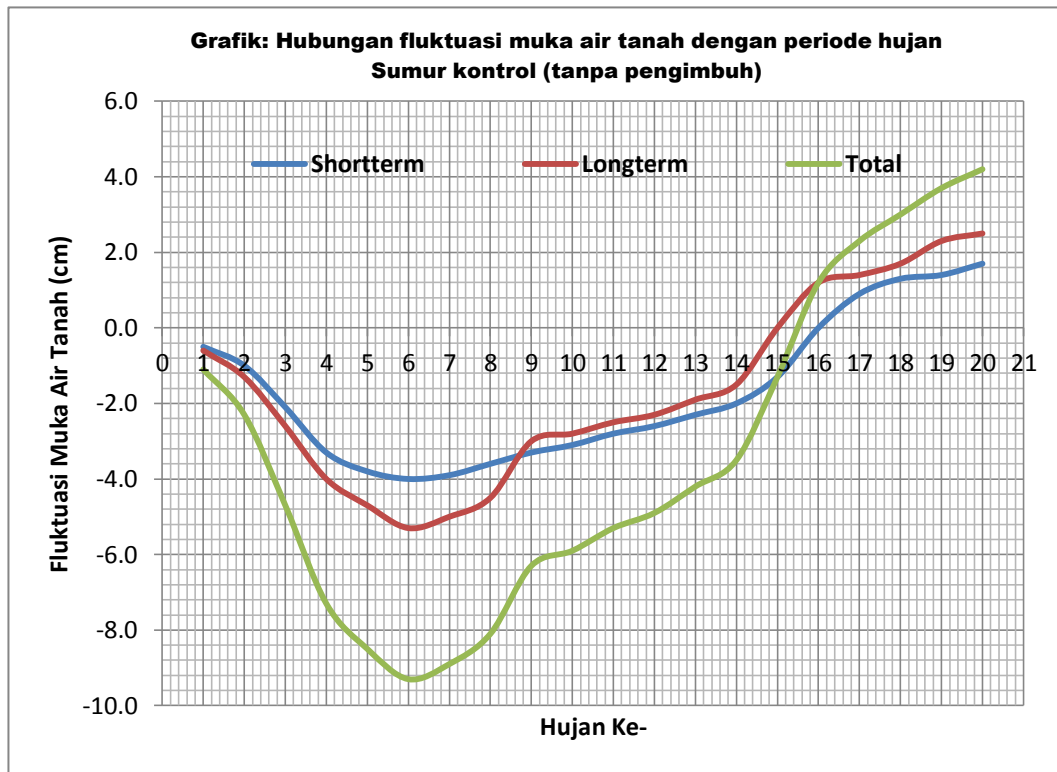
A. Hasil Pengamatan Imbuhan pada Masing-masing Sumur Uji dengan Variabel Kedalaman Imbuhan

Uraian hasil pengamatan dari proses imbuhan air tanah disajikan sebagai berikut:

Tabel 1. Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Kontrol (Tanpa Bambu Rongga).

Sumur Kontrol			
Hujan Ke-	Shortterm	Longterm	Total
1	-0,5	-0,6	-1,1
2	-1,0	-1,3	-2,3
3	-2,1	-2,6	-4,7
4	-3,3	-4,0	-7,3
5	-3,8	-4,7	-8,5
6	-4,0	-5,3	-9,3
7	-3,9	-5,0	-8,9
8	-3,6	-4,5	-8,1
9	-3,3	-3,0	-6,3
10	-3,1	-2,8	-5,9
11	-2,8	-2,5	-5,3
12	-2,6	-2,3	-4,9
13	-2,3	-1,9	-4,2
14	-2,0	-1,5	-3,5
15	-1,3	0,0	-1,3
16	0,0	1,2	1,2
17	0,9	1,4	2,3
18	1,3	1,7	3,0
19	1,4	2,3	3,7
20	1,7	2,5	4,2

Dari hasil tabel fluktuasi muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



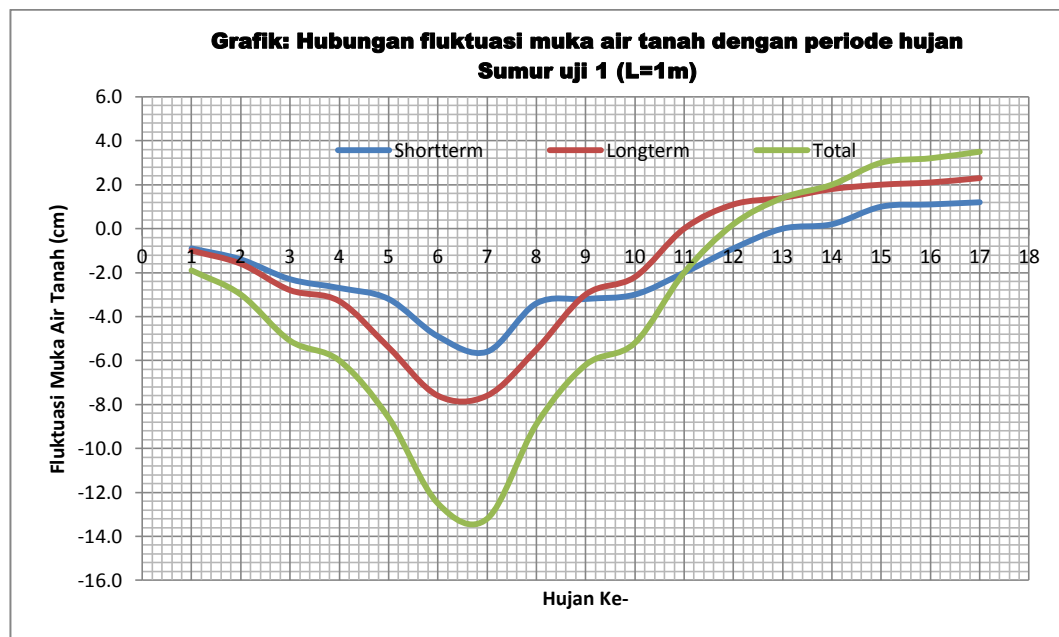
Gambar 4.1. Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Kontrol (tanpa bambu rongga).

Gambar 4.1. Kurva berwarna biru (shortterm) adalah kurva hasil pengukuran elevasi muka air tanah satu jam setelah hujan, penurunan terjadi pada hujan ke-6 dengan elevasi -4,0 cm, periode *recovery* (elevasi 0,0 cm) terjadi pada hujan ke-15 dan kenaikan terjadi pada hujan ke-20 dengan elevasi +1,7 cm. Kurva berwarna merah (longterm) adalah kurva hasil pengukuran elevasi muka air tanah lima jam setelah hujan, penurunan terjadi pada hujan ke-6 dengan elevasi -5,3 cm, periode *recovery* (elevasi 0,0 cm) terjadi pada hujan ke-15 dan kenaikan terjadi pada hujan ke-17 dengan elevasi +2,5 cm.

Tabel 2. Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 1 (panjang bambu 1 m).

Sumur Uji 1			
Hujan Ke-	Shortterm	Longterm	Total
1	-0,4	-1,0	-1,9
2	-1,4	-1,6	-3,0
3	-2,3	-2,8	-5,1
4	-2,7	-3,3	-6,0
5	-3,2	-5,4	-8,6
6	-4,9	-7,6	-12,5
7	-5,6	-7,6	-13,2
8	-3,4	-5,5	-8,9
9	-3,2	-3,0	-6,2
10	-3,0	-2,2	-5,2
11	-2,0	0,0	-2,0
12	-0,9	1,1	0,2
13	0,0	1,4	1,4
14	0,2	1,8	2,0
15	1,0	2,0	3,0
16	1,1	2,1	3,2
17	1,2	2,3	3,5

Dari hasil tabel fluktuasi muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



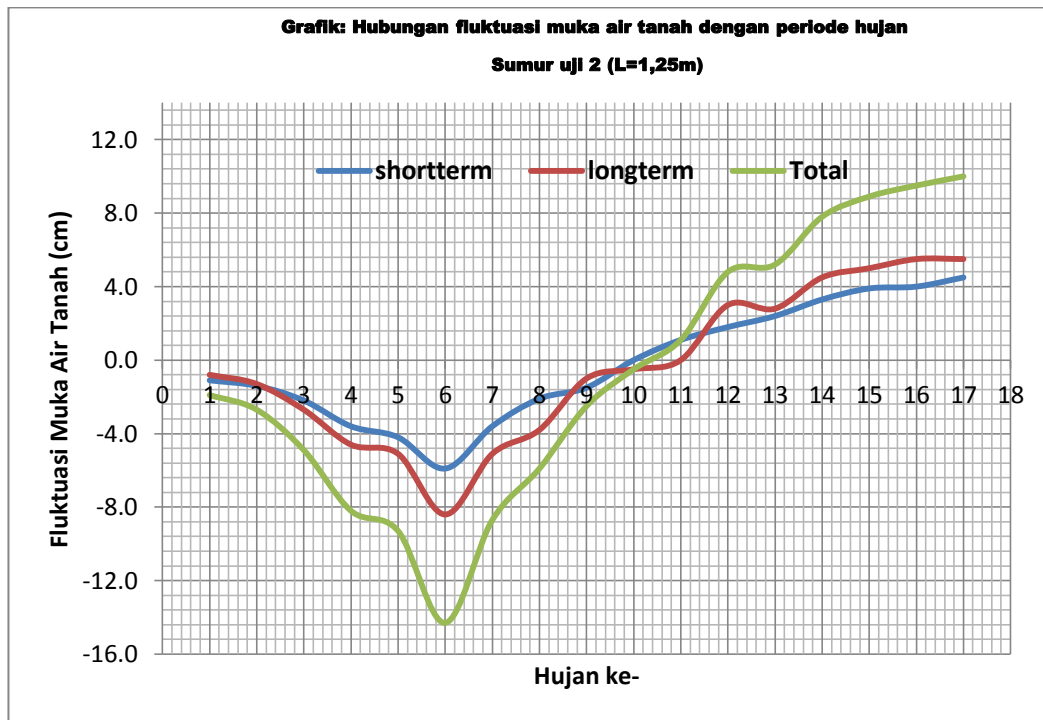
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 1 (dengan panjang bambu imbuah 1 m)

Gambar 4.2. Kurva berwarna biru (short term) adalah kurva hasil pengukuran elevasi muka air tanah satu jam setelah hujan, penurunan terjadi pada hujan ke-7 dengan elevasi -5,6 cm, periode *recovery* (elevasi 0,0 cm) terjadi pada hujan ke-13 dan kenaikan terjadi pada hujan ke-17 dengan elevasi +1,2 cm. Kurva berwarna merah (longterm) adalah kurva hasil pengukuran elevasi muka air tanah lima jam setelah hujan, penurunan terjadi pada hujan ke-7 dengan elevasi -7,6 cm, periode *recovery* (elevasi 0,0 cm) terjadi pada hujan ke-11 dan kenaikan terjadi pada hujan ke-17 dengan elevasi +2,3 cm.

Tabel 3. Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 2 (panjang bambu 1,25 m).

Sumur Uji 2			
Hujan Ke-	Shortterm	Longterm	Total
1	-1,1	-0,5	-1,9
2	-1,4	-2,1	-2,7
3	-2,2	-4,1	-4,9
4	-3,6	-6,0	-8,2
5	-4,2	-7,3	-9,3
6	-5,9	-8,6	-14,3
7	-3,6	-6,4	-8,7
8	-2,1	-6,2	-5,9
9	-1,5	-5,9	-2,5
10	0,0	-5,2	-0,5
11	1,1	0,0	1,1
12	1,8	1,0	4,8
13	2,4	1,2	5,2
14	3,3	2,8	7,8
15	3,9	3,5	8,9
16	4,0	3,2	9,5
17	4,5	3,0	10,0

Dari hasil tabel fluktuasi muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



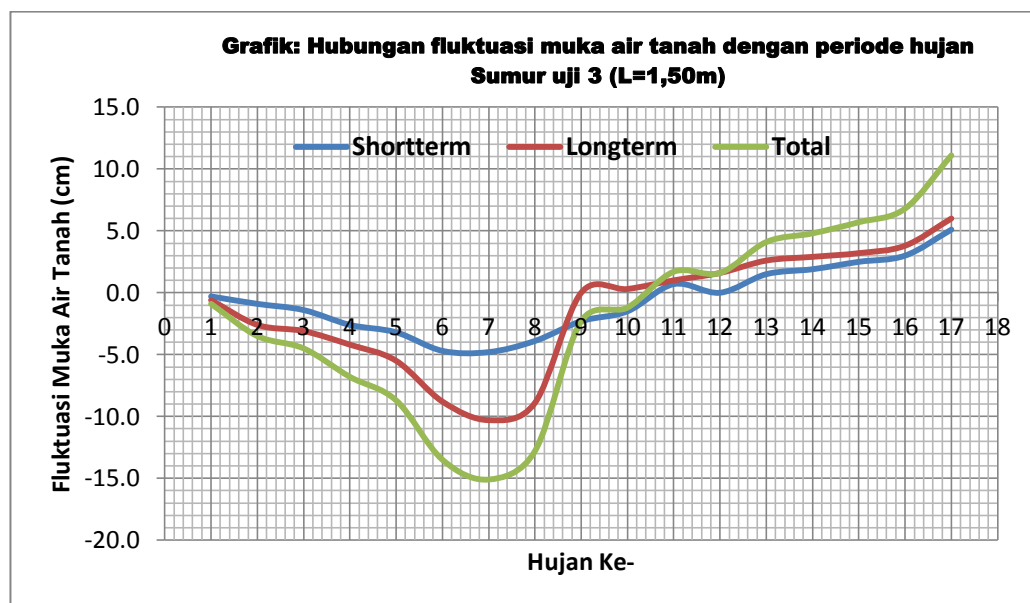
Gambar 4.3. Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 2 (dengan panjang bambu imbuah 1,25m)

Gambar 4.3. Kurva berwarna biru (shortterm) adalah kurva hasil pengukuran elevasi muka air tanah satu jam setelah hujan, penurunan terjadi pada hujan ke-6 dengan elevasi -5,9 cm, periode *recovery* (elevasi 0,0 cm) terjadi pada hujan ke-10 dan kenaikan terjadi pada hujan ke-17 dengan elevasi +4,5 cm. Kurva berwarna merah (longterm) adalah kurva hasil pengukuran elevasi muka air tanah lima jam setelah hujan, penurunan terjadi pada hujan ke-6 dengan elevasi -8,4 cm, periode *recovery* (elevasi 0,0 cm) terjadi pada hujan ke-11 dan kenaikan terjadi pada hujan ke-17 dengan elevasi +5,5 cm.

Tabel 4. Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 3 (L=1,50m).

Sumur Uji 3			
Hujan Ke- (1)	Shortterm (2)	Longterm (3)	Total (4)
1	-0,3	-0,6	-0,9
2	-0,9	-2,6	-3,5
3	-1,4	-3,1	-4,5
4	-2,6	-4,2	-6,8
5	-3,2	-5,5	-8,7
6	-4,7	-8,8	-13,5
7	-4,8	-10,3	-15,1
8	-3,9	-8,9	-12,8
9	-2,3	0,0	-2,3
10	-1,5	0,3	-1,2
11	0,7	1,0	1,7
12	0,0	1,6	1,6
13	1,5	2,6	4,1
14	1,9	2,9	4,8
15	2,5	3,2	5,7
16	3,0	3,8	6,8
17	5,1	6,0	11,1

Dari hasil tabel fluktuasi muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



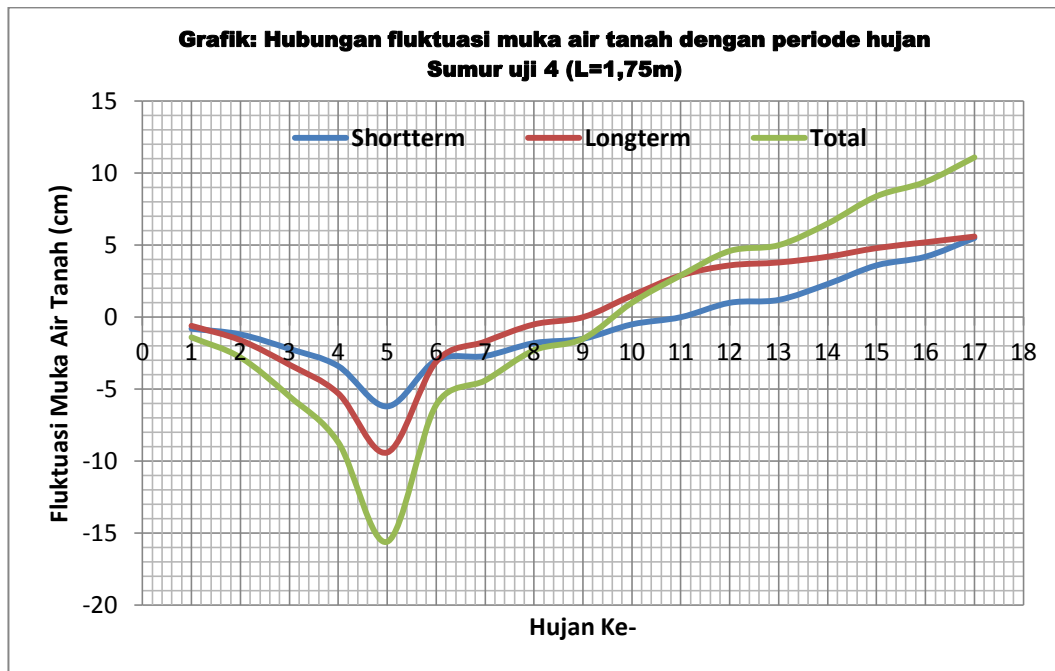
Gambar 4.4. Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 3 (dengan panjang bambu imbuah 1,50 m)

Gambar 4.4. Kurva berwarna biru (shortterm) adalah kurva hasil pengukuran elevasi muka air tanah satu jam setelah hujan, penurunan terjadi pada hujan ke-7 dengan elevasi -4,8 cm, periode *recovery* (elevasi 0,0 cm) terjadi pada hujan ke-12 dan kenaikan terjadi pada hujan ke-17 dengan elevasi +5,1 cm. Kurva berwarna merah (longterm) adalah kurva hasil pengukuran elevasi muka air tanah lima jam setelah hujan, penurunan terjadi pada hujan ke-7 dengan elevasi -10,3 cm, periode *recovery* (elevasi 0,0 cm) terjadi pada hujan ke-9 dan kenaikan terjadi pada hujan ke-17 dengan elevasi +6,0 cm.

Tabel 5. Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 4 (L=1,75m).

Sumur Uji 4			
Hujan Ke-	Shortterm	Longterm	Total
1	-0,8	-0,6	-1,4
2	-1,2	-1,6	-2,8
3	-2,2	-3,3	-5,5
4	-3,4	-5,3	-8,7
5	-6,2	-9,4	-15,6
6	-3,0	-3,1	-6,1
7	-2,7	-1,7	-4,4
8	-1,8	-0,5	-2,3
9	-1,5	0,0	-1,5
10	-0,5	1,5	1,0
11	0,0	2,9	2,9
12	1,0	3,6	4,6
13	1,2	3,8	5,0
14	2,3	4,2	6,5
15	3,6	4,8	8,4
16	4,2	5,2	9,4
17	6,5	5,6	12,1

Dari hasil tabel fluktuasi muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.5. Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 4 (dengan panjang bambu imbuah 1,75 m)

Gambar 4.5. Kurva berwarna biru (shortterm) adalah kurva hasil pengukuran elevasi muka air tanah satu jam setelah hujan, penurunan terjadi pada hujan ke-5 dengan elevasi -6,2 cm, periode *recovery* (elevasi 0,0 cm) terjadi pada hujan ke-9 dan kenaikan terjadi pada hujan ke-17 dengan elevasi + 5,5cm. Kurva berwarna merah (longterm) adalah kurva hasil pengukuran elevasi muka air tanah lima jam setelah hujan, penurunan terjadi pada hujan ke-5 dengan elevasi -9,4 cm, periode *recovery* (elevasi 0,0 cm) terjadi pada hujan ke-9 dan kenaikan maksimum terjadi pada hujan ke-17 dengan elevasi +5,6 cm.

B. Pembahasan

1. Analisis Efektifitas Bambu Rongga sebagai Pengimbu

Dari hasil pengamatan kenaikan muka air tanah yang telah diakumulasikan, dapat dianalisis besaran efektifitas ($ef > 1$) setiap sumur dengan formula sebagai berikut :

$$Ef = \frac{\text{tinggi kenaikan m.a.t pada sumur ke } n}{\text{kenaikan m.a.t sumur kontrol}}$$

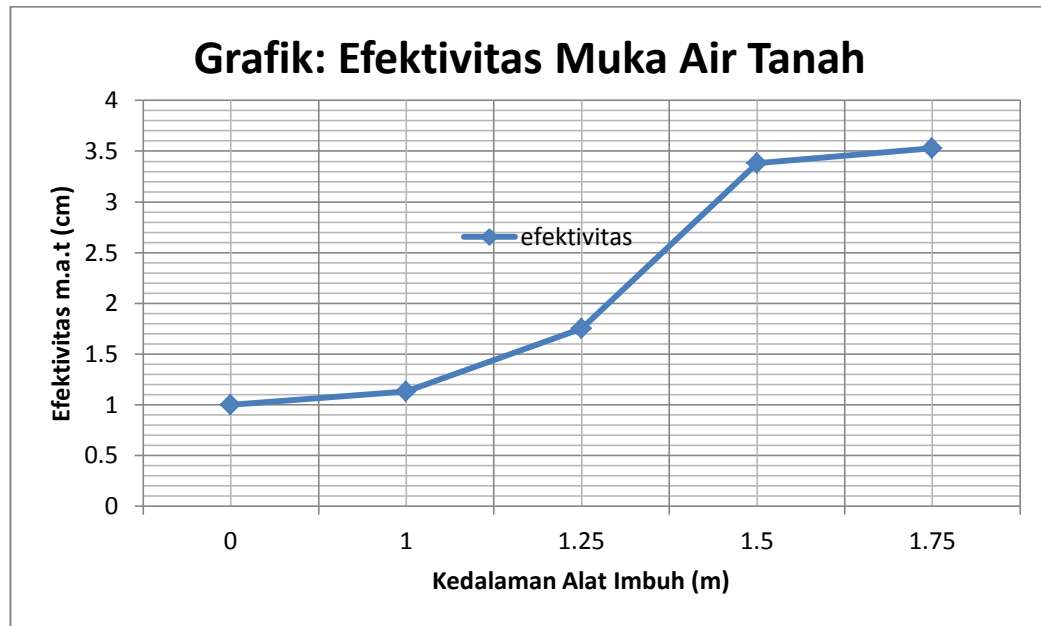
Sebagai contoh, hasil akumulasi perhitungan kenaikan muka air tanah pada sumur uji 1, diketahui tinggi kenaikan pada sumur uji 1 = 13,3 cm, dan kenaikan muka air tanah pada sumur kontrol = 11,8 cm. Dari hasil tersebut dapat di hitung nilai efektifitas sebagai berikut :

$$Ef = \frac{13,3}{11,8} = 1,13$$

Hasil perhitungan besaran efektifitas pada sumur uji 1 = 1,13 , seperti yang kita ketahui bahwa suatu teknologi dikatakan efektif apabila nilai $Ef > 1$. Maka dapat di simpulkan bahwa sumur uji satu merupakan teknologi yang efektif. Selanjutnya perhitungan efektif setiap sumur, maka efektifitas pada setiap sumur berturut-turut sebagai berikut:

Kedalaman alat imbu (m)	Kenaikan m.a.t (cm)	Efektivitas
0	11,8	1,00
1	13,3	1,13
1,25	20,7	1,75
1,50	39,9	3,38
1,75	41,7	3,53

Dari hasil tabel efektivitas muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.6. Grafik Akumulasi Penurunan Muka Air Tanah Minimum.

Gambar 4.6. memperlihatkan bahwa efektivitas pada sumur uji dari kedalaman alat imbuh. Efektivitas terjadi pada kedalaman 1,75m, hal ini terjadi di karenakan kondisi tanah yang melampaui batas *semi-permeable*, yang mempunyai ketebalan 0,80-1,00 meter sehingga kelolosan airnya lebih cepat di bandingkan kedalaman pengimbuh yang lain.

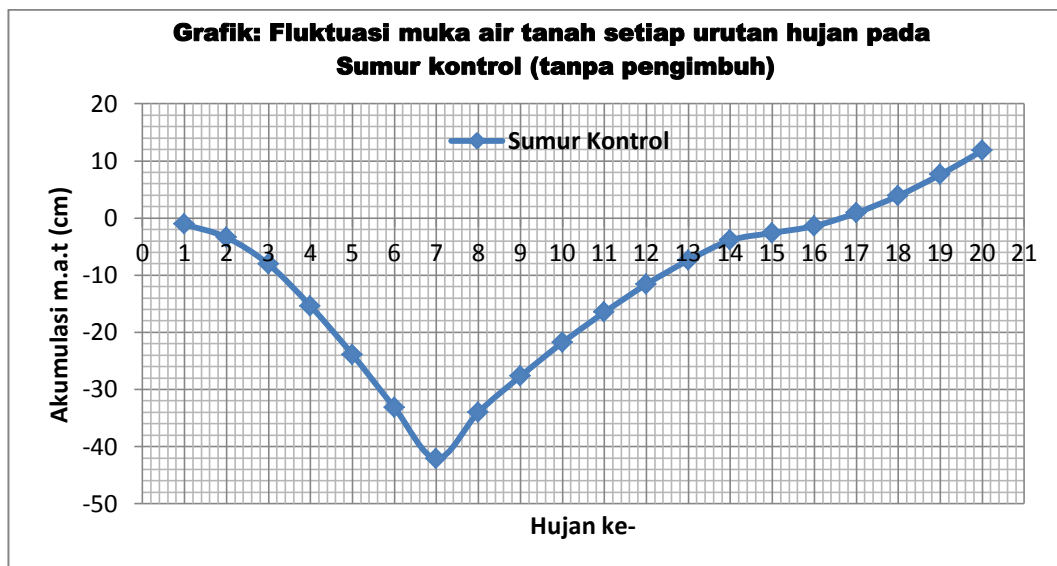
2. Pengaruh Periode Hujan terhadap Fluktuasi Muka Air Tanah

Uraian mengenai pengaruh periode hujan terhadap muka air tanah secara berturut-turut dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 6. Akumulasi Muka Air Tanah pada Sumur Kontrol (tanpa pengimbu).

Sumur Kontrol		Hujan ke-	Akumulasi
Hujan ke-	Akumulasi	11	-16,5
1	-1,1	12	-11,6
2	-3,4	13	-7,4
3	-8,1	14	-3,9
4	-15,4	15	-2,6
5	-23,9	16	-1,4
6	-33,2	17	0,9
7	-42,1	18	3,9
8	-34,0	19	7,6
9	-27,7	20	11,8
10	-21,8		

Dari hasil tabel akumulasi muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



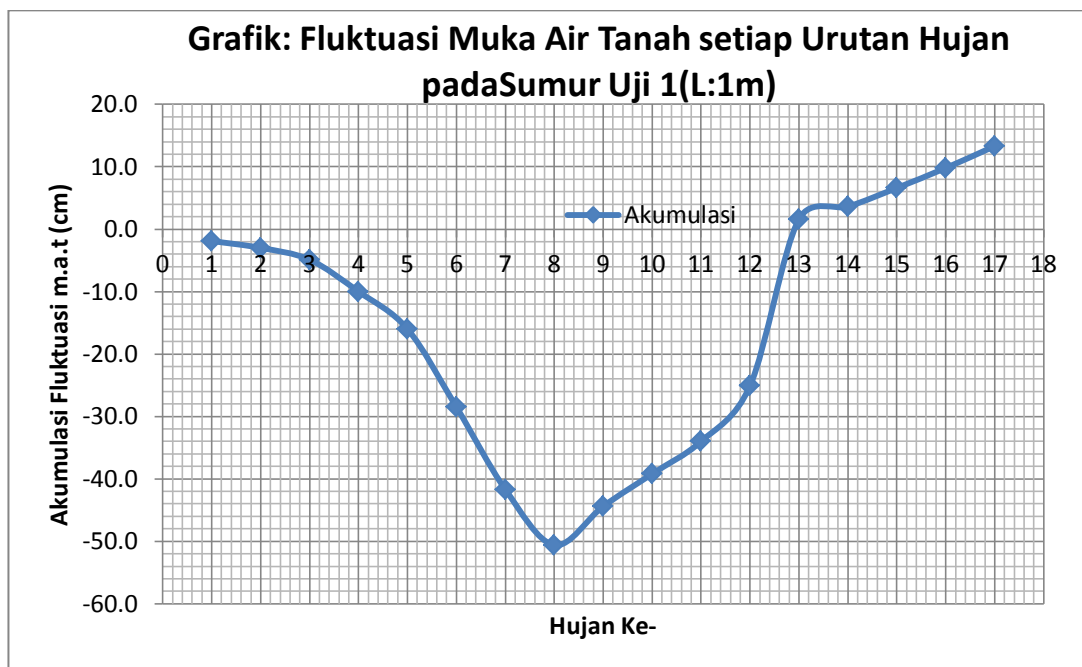
Gambar 4.7. Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah Setiap Urutan Hujan pada Sumur Kontrol (Tanpa Pengimbu).

Gambar 4.7. Menunjukkan bahwa pengimbuhan air tanah di sumur kontrol tanpa pemasangan alat pengimbu. Penurunan terendah terjadi pada periode hujan ke-7 dengan elevasi muka air tanah -42,1 cm sementara kenaikan tertinggi terjadi pada periode hujan ke-20 dengan elevasi muka air tanah +11,8 cm.

Tabel 7. Akumulasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 1 (L=1m).

Sumur Uji 1		Hujan ke- (1)	Akumulasi (2)
Hujan ke- (1)	Akumulasi (2)	9	-44,4
1	-1,9	10	-39,2
2	-3,0	11	-34,0
3	-4,9	12	-25,1
4	-10,0	13	1,6
5	-16,0	14	3,6
6	-28,5	15	6,6
7	-41,7	16	9,8
8	-50,6	17	13,3

Dari hasil tabel akumulasi muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.8. Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah Setiap Urutan Hujan pada Sumur Uji 1 (L=1m).

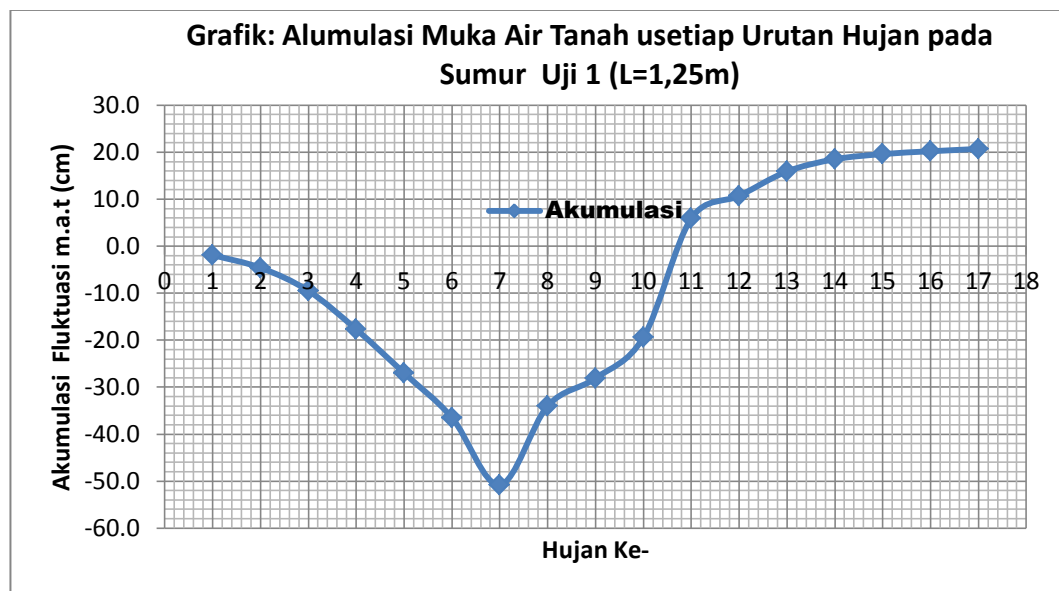
Gambar 4.8. Menunjukkan bahwa pengimbuhan air tanah di sumur uji 1 dengan panjang bambu imbuh 1 m. Penurunan terendah terjadi pada periode hujan

ke-8 dengan elevasi muka air tanah -50,6 cm sementara kenaikan terjadi pada periode hujan ke-17 dengan elevasi muka air tanah +13,3 cm.

Tabel 8. Akumulasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 2 (L=1,25m).

Sumur Uji 2		Hujan ke- (1)	Akumulasi (2)
Hujan ke- (1)	Akumulasi (2)		
1	-1,9	9	-28,1
2	-4,6	10	-19,4
3	-9,5	11	5,9
4	-17,7	12	10,7
5	-27,0	13	15,9
6	-36,5	14	18,5
7	-50,8	15	19,6
8	-34,0	16	20,2
		17	20,7

Dari hasil tabel akumulasi muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



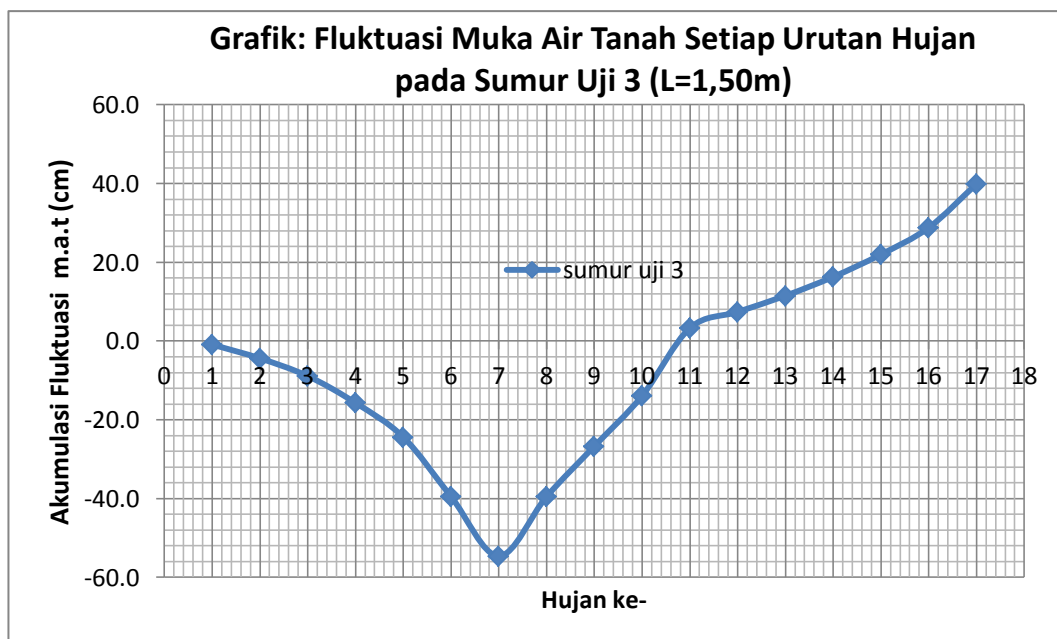
Gambar 4.9. Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah Setiap Urutan Hujan pada Sumur Uji 2 (L=1,25m).

Gambar 4.8. Menunjukkan bahwa pengimbuhan air tanah di sumur uji 2 dengan panjang alat imbuh 1,25m. Penurunan terendah terjadi pada periode hujan ke-7 dengan elevasi muka air tanah -50,7 cm sementara kenaikan tertinggi terjadi pada periode hujan ke-17 dengan elevasi muka air tanah +20,7 cm.

Tabel 9. Akumulasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 3 (L=1,50m).

Sumur Uji 3		Hujan ke	Akumulasi
Hujan ke-	Akumulasi		
1	-0,9	9	-26,7
2	-4,4	10	-13,9
3	-8,9	11	3,3
4	-15,7	12	7,4
5	-24,4	13	11,5
6	-39,5	14	16,3
7	-54,6	15	22,0
8	-39,5	16	28,8
		17	39,9

Dari hasil tabel akumulasi muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



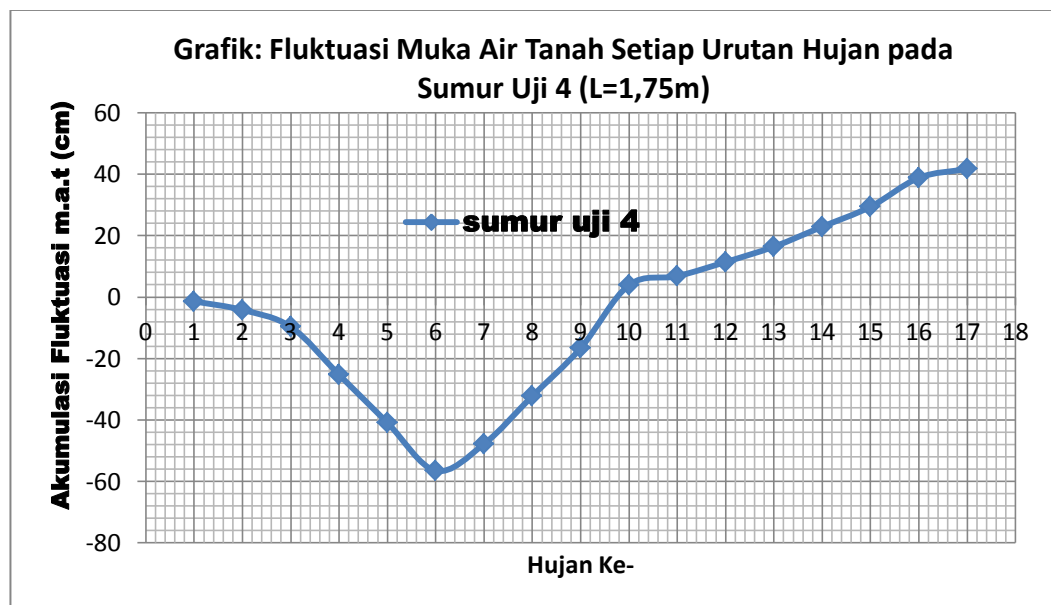
Gambar 4.10. Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah Setiap Urutan Hujan pada Sumur Uji 3 (L=1,50m).

Gambar 4.10. Menunjukkan bahwa pengimbuhan air tanah di sumur uji 3 dengan panjang 1,50 m alat imbuh. Penurunan terendah terjadi pada periode hujan ke-7 dengan elevasi muka air tanah 54,6 cm sementara kenaikan tertinggi terjadi pada periode hujan ke-17 dengan elevasi muka air tanah +39,9cm.

Tabel 10. Akumulasi Muka Air Tanah pada Sumur Uji 4 (L=1,75m).

Sumur Uji 4		Hujan ke-	Akumulasi
Hujan ke-	Akumulasi	(1)	(2)
1	-1,4	9	-16,6
2	-4,2	10	3,9
3	-9,7	11	6,8
4	-25,3	12	11,4
5	-40,9	13	16,4
6	-56,5	14	22,9
7	-47,8	15	29,4
8	-32,2	16	38,8
		17	41,7

Dari hasil tabel akumulasi muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.11. Grafik Fluktuasi Muka Air Tanah Setiap Urutan Hujan pada Sumur Uji 4 (L=1,75m)

Gambar 4.11. Menunjukkan bahwa pengimbuhan air tanah di sumur uji 4 dengan panjang alat imbuhan 1,75m . Penurunan terendah terjadi pada periode hujan ke-6 dengan elevasi muka air tanah -56,5 cm sementara kenaikan tertinggi terjadi pada periode hujan ke-17 dengan elevasi muka air tanah +41,7 cm.

Ada dua fenomena yang dapat disintesa dari kelima grafik (4.7 sampai 4.11) hasil akumulasi muka air tanah hasil imbuhan bambu di atas, yakni:

- a. Adanya gejala penurunan air tanah yang terjadi pada awal musim hujan. Hal ini terlihat di semua sumur yang diamati, baik sumur dengan pengimbuhan dan kedalaman berbeda maupun sumur tanpa pengimbuhan. Hal ini disebabkan oleh volume udara yang didalam rongga tanah yang mengakibatkan peningkatan tekanan kapiler, sehingga air tanah terabsorpsi ke atas, dan mengakibatkan penurunan elevasi muka air tanah. Namun hal ini merupakan hipotesis, yang memerlukan penelitian lebih lanjut.
- b. Kenaikan muka air tanah pada sumur uji 4 (kedalaman 1,75m) lebih besar dibandingkan dengan sumur uji 3 (kedalaman 1,50m), sumur uji 2 (kedalaman 1,25m), sumur uji 1 (kedalaman 1m), dan sumur kontrol (tanpa pengimbuhan). Di karenakan pada sumur uji 4 merupakan kondisi tanah yang melampaui batas *semi-permeable*, yang mempunyai ketebalan 0,80-1,00 meter sehingga kelolosan airnya lebih cepat di bandingkan sumur uji yang lain.

3. Pengaruh Periode Hujan terhadap Waktu *Recovery* Muka Air Tanah

Dapat dilihat pada hasil akumulasi fluktuasi muka air tanah pada sumur kontrol (Gambar 4.7), periode *recovery* baru terjadi pada hujan ke 16. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemulihan pada sumur kontrol tanpa pengimbuhan

berjalan cukup lambat. Semetara proses pemulihan di sumur kontrol berjalan lambat, pada sumur uji 1 dengan panjang 1 m (Gambar 4.8) justru berlangsung sedikit lebih cepat yaitu pada hujan ke-11.

Dapat dilihat juga hasil akumulasi fluktuasi muka air tanah pada sumur uji 2 dengan panjang 1,25 m (Gambar 4.9), periode *recovery* terjadi pada hujan ke - 10. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemulihan pada sumur uji 2 berlangsung lebih cepat dari sumur kontrol dan sumur uji 1. Semetara pada sumur uji 3 dengan panjang 1,50 m (Gambar 4.10) justru berlangsung sedikit lebih cepat lagi dari sumur uji 2 yaitu pada hujan ke-9.

Hal ini menunjukkan bahwa proses pemulihan pada sumur uji 3 berlangsung lebih cepat dari sumur kontrol, sumur uji 1, sumur uji 2, dan sumur uji 3. Semetara pada sumur uji 4 dengan panjang 1,75 m (Gambar 4.11), berlangsung lebih cepat lagi dari sumur kontrol maupun sumur uji yang lain yaitu pada hujan ke-8.

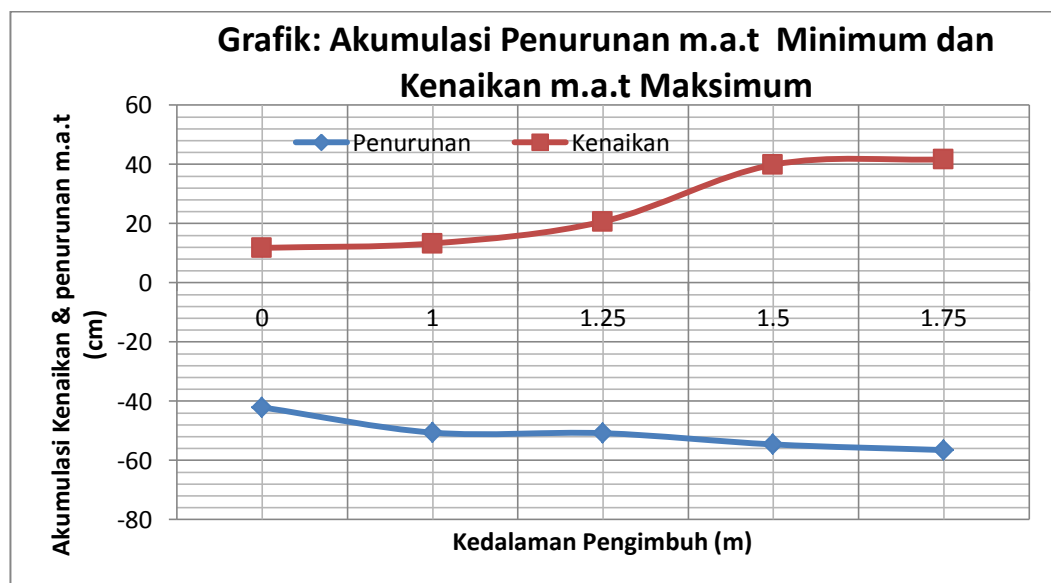
4. Pengaruh kedalaman alat imbuh terhadap Akumulasi Penurunan Muka Air Tanah (Awal Hujan)

Adapun gambaran mengenai penurunan muka air tanah dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 4.11 berikut.

Tabel 11. Akumulasi Penurunan Muka Air Tanah Minimum.

Kedalaman alat imbuh	0	1m	1,25m	1,50m	1,75m
Penurunan m.a.t	-42,1	-50,6	-50,8	-54,6	-56,5
Kenaikan m.a.t	11,8	13,3	20,7	39,9	41,7

Dari hasil tabel akumulasi muka air tanah di atas kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.12. Grafik Akumulasi Penurunan Muka Air Tanah Minimum.

Dari tabel 11 dan gambar 4.11 dapat dilihat pada warna merah adalah kurva periode recovery sedangkan yang berwarna biru adalah kurva periode kejut kapiler. dapat juga dilihat proses penurunan muka air tanah minimum yang terjadi pada setiap sumur secara berturut-turut, sumur kontrol tanpa perlakuan/pemasangan pengimbu mengalami penurunan muka air tanah minimum sampai pada elevasi -42,1cm. Sumur uji 1 dengan panjang 1m alat imbuh mengalami penurunan muka air tanah sampai pada elevasi -50,6 cm.

Sumur uji 2 dengan panjang 1,25m alat imbuh mengalami penurunan muka air tanah minimum sampai pada elevasi -50,8 cm. Sumur uji 3 dengan panjang 1,50m alat imbuh mengalami penurunan muka air tanah minimum sampai pada elevasi -54,6 cm. Sumur uji 4 dengan panjang 1,75 alat imbuh mengalami penurunan muka air tanah minimum sampai pada elevasi -56,5 cm.

Proses kenaikan muka air tanah maksimum yang terjadi pada setiap sumur, secara berturut-turut sumur kontrol tanpa perlakuan/pemasangan pengimbuh mengalami kenaikan muka air tanah maksimum sampai pada elevasi +11,8 cm. Sumur uji 1 dengan panjang 1m alat imbuh mengalami kenaikan muka air tanah maksimum sampai pada elevasi +13,3cm. Sumur uji 2 dengan panjang 1,25m alat imbuh mengalami kenaikan muka air tanah maksimu sampai pada elevasi +20,7 cm. Sumur uji 3 dengan panjang 1,5m alat imbuhan mengalami kenaikan muka air tanah maksimum sampai pada elevasi +39,9 cm. Sumur uji 4 dengan panjang 1,75m alat imbuh mengalami kenaikan muka air tanah minimum sampai pada elevasi +41,7cm.

Dari hasil uraian di atas dapat disimpulkan bahwa penurunan muka air tanah minimum dan kenaikan muka air tanah maksimum terjadi pada setiap sumur uji. Namun penurunan dan kenaikan terjadi pada suor uji 4 ($L=1,75m$).

Ketika awal musim hujan dengan intensitas yang masih rendah, terlihat pada grafik diatas terjadi akumulasi penurunan disebabkan oleh peningkatan tekanan kapiler di dalam lapisan tanah. Peningkatan tekanan kapiler didalam lapisan tanah yang mendapatkan infiltrasi awal terjadi akibat tertutupnya sebagian rongga tanah dilapisan permukaan, sehingga meningkatkan daya ikat tanah

terhadap air (pF) dan mengakibatkan terjadinya pergerakan air kapiler dari lapisan tanah jenuh ke lapisan tanah tak jenuh (Darwis,2015).

Pemulihan muka air tanah ke kondisi semula baru dapat terjadi ketika proses infiltrasi air permukaan sudah ada yang mengalami perkolasi, sehingga dapat mencapai/mengisi air tanah pada zone saturasi. Bahkan muka air tanah akan terus meningkat seiring dengan proses perkolasi yang berlanjut akibat curah hujan dengan intensitas curah hujannya (Darwis,2015).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Nilai efektifitas tidak mencapai titik optimum
2. Penggunaan bambu sebagai bahan pengimbuh efektif di gunakan untuk meningkatkan kapasitas air tanah. Semakin panjang bambu rongga yang di gunakan maka nilai efektifitas sumur akan semakin tinggi.
3. Pengaruh kedalaman Alat imbuh terhadap akumulasi kenaikan muka air tanah terjadi pada sumur 4 dengan panjang bambu 1,75m, di bandingkan dengan sumur uji yang lainnya.

B. Saran

Dengan menyadari keterbatasan penulis dengan melakukan penelitian ini, maka untuk mengembakan penelitian selanjutnya perlu penulis menyarankan beberapa hal :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan kedalaman yang lebih karena pada penelitian ini, dengan panjang bambu imbuh sampai dengan 1,75m, kenaikan efektifitas tidak mencapai titik optimum.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan kedalaman alat imbuh yang lebih bervariasi dan jumlah titik imbuh lebih banyak.
3. Perlu dilakukan penelitian pada lokasi dengan kondisi tanah yang berbeda dengan yang penulis sudah dilakukan.

4. Data penelitian sangat dibutuhkan ketelitian, ketekunan, kesabaran dan komitmen untuk mengumpulkan data yang akurat, valid dan akuntabel.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2006. *Konservasi Tanah Dan Air*. Bogor : IPB Press
- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjia Mada Universitas Press.
- Danaryantoet al. 2005. *Air Tanah di Indonesia dan Pengelolaannya*. Direktorat Tata Lingkungan Geologidan Kawasan Pertambangan Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2005.
- Danaryanto et al. 2007. *Kumpulan Panduan Teknis Pengelolaan Air Tanah. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral*. Badan Geologi, Pusat Lingkungan Geologi. Bandung, 2007.
- Darwiset al. 2012. *Pemodelan Formasi Sumur Resapan untuk Recovery Air Tanah dan Pencegahan Intrusi Air Laut ke Lapisan Tanah pada Lahan Pertanian di Kabupaten Takalar*, Laporan Hasil Penelitian Hibah Bersaing Depdikbud, Desember 2012.
- Darwis et al, 2014. *Groundwater Level and Salinity Degradation in From Land Through Groundwater Pumping Irrigation System Coastal Area in Takalar Regency*. *Modern Applied Science*, Vol 8. No 4, Published by Canadian Center of Science and Education. Juli, 29. 2014
- Darwis et al. 2015. *Shallow Groundwater Conservation Based Empowerment and its Influence Factor by Groundwater User Farmers in Takalar Regency*. *Hidrology Current Research*. January, 14. 2015
- Darwis et al. 2017. *Extension About the Groundwater Conservation and its Influence on Farmers Knowledge and Attitude in Takalar regency*. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, October 2017.
- Darwis et al. 2017. *Pengaruh Jumlah Bambu-Rongga sebagai Alat Pengimbu terhadap Durasi Kejut Kapiler dan Waktu Pemulihan Muka Air Tanah pada Periode Awal Musim Penghujan*. Prosiding Seminar Hasil Teknologi; Green Konstruksi, Universitas Bosowa, 4 Desember 2017
- Darwis et al. 2017. *Teknologi Bambu-Rongga, sebuah Inovasi dalam Pengembangan Teknologi Konservasi Air Tanah*. *Jurnal Kokoh*. Prodi Teknik Sipil UNIBOS, Vol. 18 no.3, Edisi Desember 2017.

- Davie Tim, 2008. *Fundamentals of Hydrology*, 2nd edition, Routledge Taylor & Francis Group Publisher, New York, NY 10016. 2008
- Dede, Rohmat. 2009. *Tipikal Kuantitas Infiltrasi Menurut Karakteristik Lahan*. Bandung.
- Hakim, et al. (1986), berat isi tanah dinyatakan sebagai berat isi kering (*dry bulk density*) atau sebagai berat isi basah (*wet bulk density*).
- Hansbo (1975), *Jordmateriaallara Almqvist & Wiksell Forlaq AB*, Stockholm, PP218
- Hardiyatmo, Hc. 2012. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta : Gadjah Mada University.
- Holtz and Kovacs : “*An Introduction To Geotechnical Engineering*”, Printice Hall, 1981.
- Jamulya, (1993). *Pengantar Ilmu Tanah*. UGM
- Margat, J., and J. van der Gun. 2013. *Groundwater around the World*. CRC Press/Balkema.
- N. suharta dan B. H Prasetyo. 2008. *Susunan Mineral dan Sifat Fisiko-Kimia*. *Jurnal Tanah dan Iklim* 28: 1-14
- Peraturan Menteri ESDM No. 15 Tahun 2012 tentang Penghematan Penggunaan Air Tanah. 345690=
- Puerwana R. 1983. *Air Minum dan Kesehatan FKM* universitas Indonesia, Jakarta.
- Siagaan, 2001. *Menejemen Sumber Daya Manusia*, Jakarta : Radar Jaya Offset.
- Sondang, 2008. *Menejemen Sumber Daya Manusia*, Bumi aksara Jakarta.
- Sugiyono, 2012. *Memahami Penelitian Kualitatif*. Bandung : ALFABETA
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 2010. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta
- Undang-Undang R.I. No.32 Tahun 2009, tentang Perlindungan & Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Warsito D. 1994. *Sumber Daya Air dan Lingkungan, Pusat Pengembangan Tenaka
Pertambangan*, Bandung

Wilson, E. M.,. 1993. *Hidrologi Teknik*. ITB, Bandung.