



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH SUMUR RESAPAN TERHADAP KUALITAS AIR
TANAH DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

SKRIPSI

MEYDAM GUSNISAR

0806459513

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

DEPOK

JUNI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH SUMUR RESAPAN TERHADAP KUALITAS AIR
TANAH DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

MEYDAM GUSNISAR

0806459513

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

DEPOK

JUNI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Meydam Gusnisar

NPM : 0806459513

Tanda Tangan : 

Tanggal : 13 Juni 2012

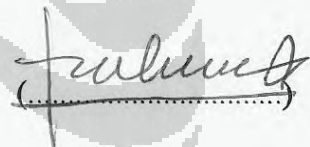
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Meydam Gusnisar
NPM : 0806459513
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Pengaruh Sumur Resapan Terhadap Kualitas Air Tanah di Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

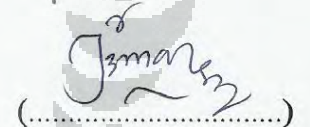
DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Eng, PhD.



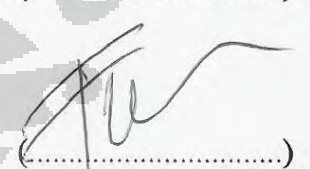
(.....)

Pembimbing 2 : Ir Irma Gusniani, MSc



(.....)

Penguji 1 : Ir. Firdaus Ali, Msc, PhD



(.....)

Penguji 2 : Dr. Nyoman Suwartha, ST, MAgr



(.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 13 Juni 2012

KATA PENGANTAR

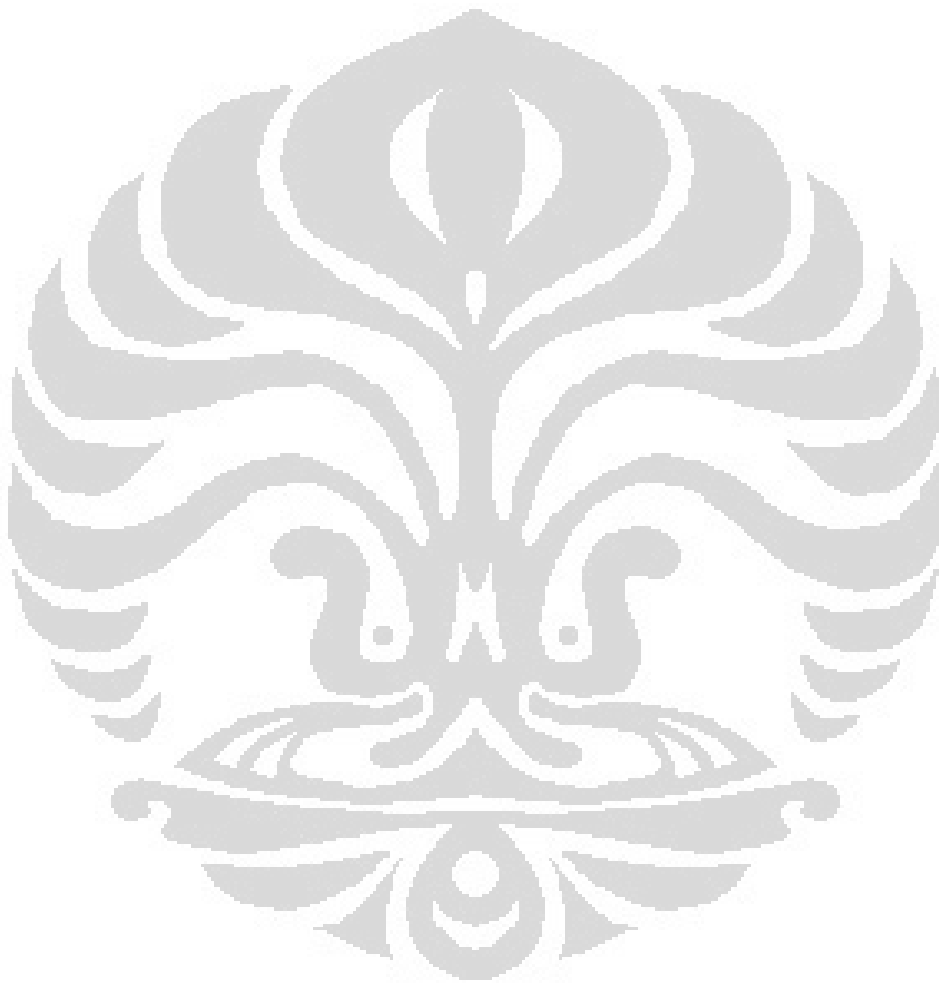
Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala berkat dan karunianya sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih pun turut dipersembahkan kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu didalam proses penyusunan serta penyelesaian skripsi ini. Karena jika tidak ada bantuan terhadap semua pihak maka penulisan skripsi ini tidak dapat terampungkan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Ibu Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing 1 yang telah banyak membimbing, mengingatkan kesalahan serta memotivasi penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini;
- (2) Ir. Irma Gusniani, M.Sc selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing, memberikan arahan dan pengetahuan serta mengingatkan jika dilakukan kesalahan dalam proses penyusunan skripsi;
- (3) Dr. Ir. Djoko M. Hartono, S.E., M.Eng selaku kepala rogram Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang telah membantu kelancaran penyusunan skripsi ini;
- (4) Tim Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang telah memberikan pengetahuan dan ilmu yang sangat berharga selama jenjang pendidikan yang ditempuh penulis;
- (5) Mbak Sri Diah Handayani, Mbak Licka Kamadewi selaku laboran laboratorium yang dengan senang hati meluangkan waktunya untuk membantu penulis didalam menguji sampel;
- (6) Kedua orang tua saya yang saya hormati, atas doa dan dukungannya yang telah diberikan kepada saya selama penyusunan laporan skripsi ini;
- (7) Teman-teman Teknik Sipil dan Lingkungan UI 2008 atas dukungan, semangat, dan kerja samanya;
- (8) Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata semoga Allah SWT membalas setiap kebikan dari setiap pihak yang membantu terselesaikannya penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan kedepannya.

Depok, 13 Juni 2012

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Meydam Gusnizar
NPM : 0806459513
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

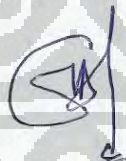
demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengaruh Sumur Resapan Terhadap Kualitas Air Tanah di Fakultas Teknik Universitas Indonesia

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 13 Juni 2012
Yang menyatakan



(Meydam Gusnizar)

ABSTRAK

Nama : Meydam Gusnizar
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pengaruh Sumur Resapan Terhadap Kualitas Air Tanah di
Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Kelangkaan air merupakan suatu permasalahan utama yang dialami oleh negara berkembang. Berdasarkan jumlahnya air hujan merupakan suatu sumber yang potensial untuk dijadikan sumber air minum. Pada saat ini, keberadaan air bersih di Jakarta, Indonesia, sangat memprihatinkan. Kualitas air tanah mengalami penurunan dan membutuhkan suatu pengolahan sebelum digunakan. Penelitian pada air tanah ini dilakukan di bangunan gedung fakultas teknik Universitas Indonesia, dimana terdapat sumur resapan dan yang tidak terdapat sumur resapan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari sumur resapan terhadap kualitas air tanah pada daerah yang dekat dengan sumur resapan dengan yang jauh dari sumur resapan. Kualitas air tanah diteliti berdasarkan parameter fisik-kimia yaitu Fe, Mn, pH, kekeruhan, warna, Cl⁻, dan TDS. Terjadinya perubahan material pengisi sumur resapan mempengaruhi beberapa nilai parameter seperti nilai kekeruhan dari nilai awal 0.77 meningkat menjadi 4.42 NTU dan turun kembali menjadi 0.51 NTU dan nilai warna dimana pada awalnya memiliki nilai 1 TCU meningkat hingga 35 TCU dan turun kembali menjadi 5 TCU. Penemuan ini membuktikan bahwa sumur resapan yang terdapat di fakultas teknik berpengaruh terhadap kualitas air tanah yang berada dekat dengan sumur resapan. Oleh karena teknologi ini dapat menyediakan akses air bersih maka teknologi ini dapat diaplikasikan di perkotaan yang mempunyai populasi tinggi

Kata kunci:
sumur resapan, kualitas air, daerah resapan, air tanah

ABSTRACT

Name : Meydam Gusnizar
Study Program : Environmental Engineering
Title : The Effect of Rainwater Harvesting to The Groundwater Quality in Faculty of Engineering University of Indonesia

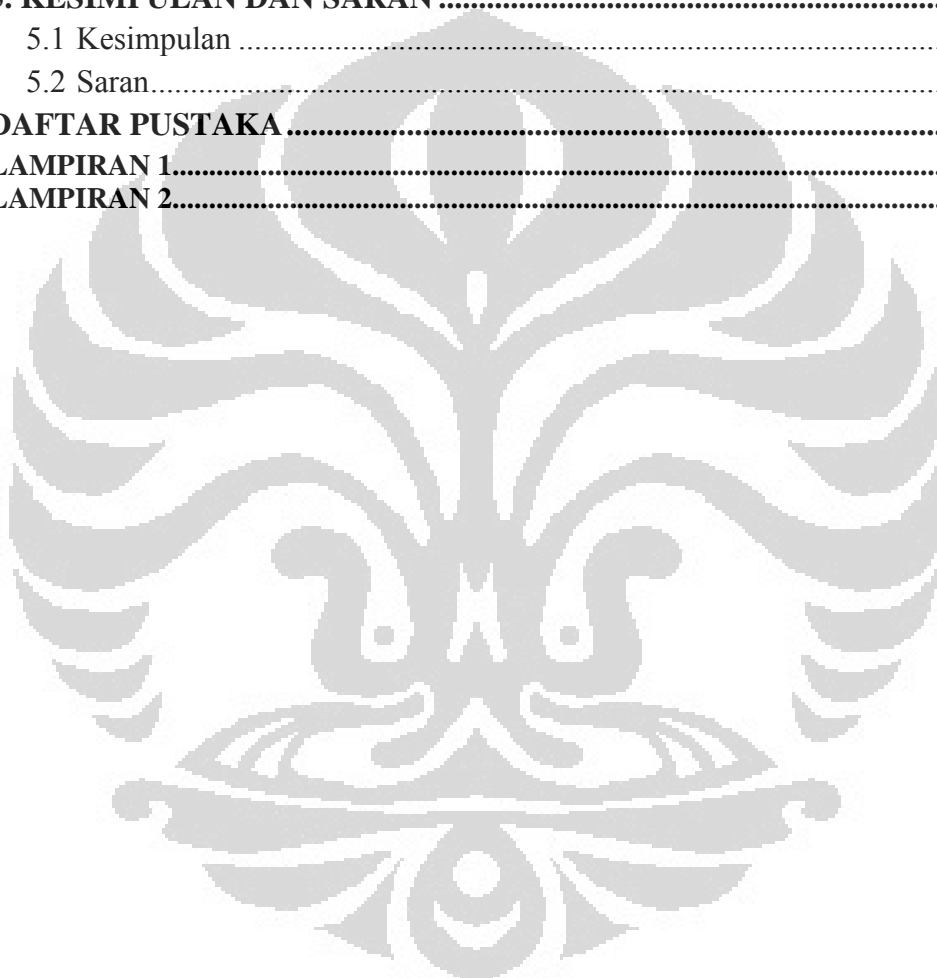
Water scarcity is a major problem in many developing country. Despite the degradation of surface water as raw water, people still used it for drinking water supply. The present, the existences of fresh water in Jakarta, Indonesia, is very apprehensive. The quality of groundwater is being decline and requiring treatment before usage. The present study on groundwater was conducted in the building structure of faculty of engineering University of Indonesia where rainwater-harvesting system were installed and where rainwater-harvesting system were not installed. The objective of the study is to show the difference of water quality which is located near and far from rainwater harvesting. The quality of groundwater was assessed by determining the physic-chemical parameters. The physic-chemical parameters which were observed are Fe, Mn, pH, turbidity, color, Cl⁻, and TDS. Because of the material in rainwater harvesting is change. Its affecting several parameters such us turbidity from 0,77 NTU increased to 4,42 NTU and decreased to 0,51 NTU and color value from 1 TCU increased to 35 TCU and decreased to 5 TCU. The findings from this study provide evidence that rainwater harvesting in faculty of engineering influence the groundwater quality. Hence, providing sustainability of drinking water supply. This technology can applied in city that has high density population.

Keyword:
rainwater harvesting, water quality, recharge area, groundwater

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH..... | vi |
| ABSTRAK..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiii |
| 1. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.5 Batasan Penulisan..... | 4 |
| 2. STUDI KEPUSTAKAAN..... | 5 |
| 2.1 Kerangka Teori..... | 5 |
| 2.1.1 Pengertian Air Tanah..... | 5 |
| 2.1.2 Keberadaan Air Tanah..... | 5 |
| 2.1.3 Sumber Air Tanah..... | 7 |
| 2.1.4 Faktor yang Mempengaruhi Air Tanah..... | 8 |
| 2.1.5 Akifer..... | 9 |
| 2.1.6 Kualitas Air Tanah..... | 11 |
| 2.1.7 Konservasi Air..... | 16 |
| 3. METODOLOGI PENELITIAN..... | 21 |
| 3.1 Pendekatan Penelitian..... | 21 |
| 3.2 Variabel Penelitian..... | 21 |
| 3.3 Kondisi Daerah Penelitian..... | 21 |
| 3.4 Data..... | 22 |
| 3.4.1 Parameter Kualitas Air..... | 22 |
| 3.5 Sampel..... | 25 |
| 3.5.1 Lokasi Pengambilan Sampel..... | 25 |
| 3.5.2 Cara Pengambilan Sampel..... | 26 |
| 3.5.3 Cara Pengujian Sampel..... | 27 |
| 3.5.4 Periode Pengambilan Sampel..... | 27 |
| 3.6 Luas Daerah Tangkapan Hujan..... | 27 |
| 3.7 Spesifikasi Sumur Resapan..... | 27 |
| 3.8 Jadwal Pelaksanaan..... | 29 |
| 4. HASIL DAN ANALISA..... | 30 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1 Pembuatan Sumur Resapan..... | 30 |
| 4.2 Lapisan Tanah | 32 |
| 4.3 Kualitas Air Hujan | 33 |
| 4.4 Parameter Kualitas Air Tanah..... | 35 |
| 4.4.1 Parameter Kekeruhan dan Warna | 36 |
| 4.4.2 Parameter Besi (Fe) dan Mangan (Mn) | 38 |
| 4.4.3 Parameter pH | 42 |
| 4.4.4 Parameter TDS..... | 45 |
| 4.4.5 Parameter Klorida | 46 |
| 5. KESIMPULAN DAN SARAN | 49 |
| 5.1 Kesimpulan | 49 |
| 5.2 Saran..... | 50 |
| DAFTAR PUSTAKA | 51 |
| LAMPIRAN 1..... | 54 |
| LAMPIRAN 2..... | 55 |



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Distribusi Pembagian Zona Air Tanah..... | 6 |
| Gambar 2.2 | Ilustrasi mengenai air vadose pada zona tidak jenuh (<i>unsaturated zone</i>) | 7 |
| Gambar 2.3 | Tipe Akifer | 10 |
| Gambar 2.4 | Layout Metode Basin | 19 |
| Gambar 2.5 | Metode <i>Ditch & Furrow</i> | 20 |
| Gambar 2.6 | <i>Artificial recharge</i> dengan menggunakan metode <i>Ditch</i> | 20 |
| Gambar 3.1 | Denah Lokasi Sumur Resapan & Lokasi Pengambilan Sampel.... | 23 |
| Gambar 3.2 | Tipe 1 Sumur Resapan Air Hujan | 24 |
| Gambar 3.3 | Sketsa Potongan Sumur Resapan | 28 |
| Gambar 4.1 | Foto Sumur Resapan di Gedung K Fakultas Teknik Universitas Indonesia..... | 30 |
| Gambar 4.2 | Potongan Sumur Resapan, (A) Sumur Resapan pada tanggal 21 Maret 2011, (B) Sumur Resapan pada tanggal 2 Agustus 2011.... | 31 |
| Gambar 4.3 | Lapisan Tanah pada Fakultas teknik Universitas Indonesia, (1) Lapisan Tanah pada sumur 1, (2) Lapisan Tanah pada Sumur 2 .. | 32 |
| Gambar 4.4 | Variasi nilai kekeruhan terhadap waktu | 37 |
| Gambar 4.5 | Variasi nilai warna terhadap waktu | 38 |
| Gambar 4.6 | Variasi nilai Fe terhadap waktu..... | 41 |
| Gambar 4.7 | Variasi nilai Mn terhadap waktu | 42 |
| Gambar 4.8 | Variasi nilai pH terhadap waktu..... | 44 |
| Gambar 4.9 | Variasi nilai TDS terhadap waktu | 46 |
| Gambar 4.10 | Variasi nilai klorida terhadap waktu..... | 48 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Unsur Pada Air Tanah..... | 12 |
| Tabel 2.2 Unsur-unsur pada tanah dan pengaruhnya | 15 |
| Tabel 3.1 Parameter Air Bersih pada Penelitian | 25 |
| Tabel 4.1 Nilai Hidrolik Konduktivitas Suatu Lapisan Tanah..... | 33 |
| Tabel 4.2 Kualitas Air Hujan di Fakultas Teknik Universitas Indonesia | 34 |
| Tabel 4.3 Nilai rata-rata kualitas air tanah sampel..... | 35 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1: Dokumentasi Penelitian..... | 54 |
| Lampiran 2: Data Hasil Pengujian Sampel Air..... | 55 |



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi keberlangsungan keberadaan makhluk hidup. Bagi manusia hampir sebesar 60-70 % berat tubuh manusia terdiri dari air. Dalam setiap aktivitas yang dilakukan manusia hampir seluruhnya membutuhkan air, seperti kegiatan sehari-hari (mencuci, mandi, berkebun), pertanian, perindustrian dll. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, menyatakan bahwa yang dimaksud dengan air adalah semua air yang terdapat diatas dan dibawah permukaan tanah kecuali air laut dan air fosil. Air yang berada di atas lapisan tanah (dalam bentuk cair) dinamakan air permukaan dan air yang berada di bawah lapisan tanah dinamakan air tanah (Chin, 2006).

Keberadaan air bersih pada daerah urban menjadi sebuah permasalahan baru yang muncul. Dimana penduduk yang tinggal pada kawasan tersebut merasa sangat sulit untuk mendapatkan akses air bersih. Hal ini terjadi akibat proses urbanisasi penduduk dari daerah rural menuju daerah urban terjadi secara tidak wajar. Pada daerah rural, masih terdapat pandangan akan mudahnya mendapatkan pekerjaan ketika bekerja pada daerah urban. Permasalahan ini menyebabkan semakin meningkatnya jumlah penduduk yang menetap di daerah urban. Peningkatan jumlah penduduk ini akan sebanding dengan peningkatan penggunaan air bersih. Penduduk akan berusaha mendapatkan air dengan kualitas yang baik. Dahulu penduduk masih menggunakan air sungai sebagai sumber air baku. Namun ketika sungai mengalami pencemaran akibat perbuatan manusia, maka mereka akan mencari alternatif air bersih lainnya yang mudah didapat. Penduduk pun tidak dapat menggunakan air permukaan dan air hujan yang mudah untuk dijangkau sebab keberadaan air tersebut sudah mengalami pencemaran baik secara langsung maupun tidak langsung. Alternatif yang akan dipilih oleh para penduduk adalah air tanah. Pada beberapa bagian daerah urban, para penduduk melakukan penggalian tanah untuk mendapatkan air tanah.

Pengambilan air tanah yang berlebihan akan menimbulkan permasalahan baru dalam mengakses air bersih yaitu penurunan muka air tanah. Sehingga untuk mendapatkan air bersih harus melakukan penggalian yang lebih dalam dari pada sebelumnya. Permasalahan lain yang akan timbul ialah intrusi air laut pada bagian pesisir. Intrusi air laut menyebabkan air tanah yang berada di bagian pesisir akan terasa payau.

Mitigasi yang dilakukan didalam meminimalkan dampak eksploitasi air tanah yang berlebih dapat dilakukan dengan cara melakukan penghijauan pada daerah resapan (*recharge area*) atau dengan cara konservasi air tanah. Kawasan resapan merupakan daerah tangkapan air yang berada pada level ketinggiannya lebih tinggi dari kawasan urban (dimana kawasan urban biasanya terletak pada daerah dekat pesisir). Penghijauan sebaiknya dilakukan pada daerah dataran tinggi atau daerah transisi. Hal ini dilakukan untuk menambah tangkapan air hujan. Selain itu penghijauan pada daerah pantai juga dapat dilakukan untuk mengurangi intrusi air laut yang berlebihan. Sedangkan konservasi air tanah bertujuan untuk menambah jumlah air yang masuk kedalam tanah sehingga air tersebut dapat tertampung pada lapisan air tanah dan dapat menambah serta meningkatkan muka air tanah.

Konservasi air tanah dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu konservasi air hujan dan konservasi air tanah (Patel & Shah, 2008). Konservasi air hujan dilakukan dengan menggunakan beberapa peralatan dan bangunan sederhana untuk menangkap air hujan agar dapat masuk kedalam kolam/bak untuk di tampung. Air hujan yang ditampung berasal dari atap rumah penduduk. Sedangkan konservasi air tanah memiliki cakupan wilayah yang lebih luas dibandingkan dengan konservasi air hujan. Pada konservasi air tanah, air hujan yang jatuh di permukaan tanah dapat mengalami infiltrasi kedalam tanah agar dapat menjadi cadangan air tanah. Konservasi air tanah dapat dilakukan pada kawasan resapan sehingga dapat menambah jumlah air yang nantinya akan keluar pada daerah imbuhan (*discharge area*).

1.2 Rumusan Masalah

Green Campus merupakan sebuah istilah yang menyatakan suatu universitas memiliki kawasan hijau yang dapat menunjang proses belajar mengajar. Untuk menuju *Green Campus*, Universitas Indonesia menjalankan sebuah program yang dinamakan *Green Metric*. Salah satu aspek didalam *Green Metric* adalah efisiensi air (*water efficiency*). Hal ini menunjukkan hubungan keseimbangan antara air tanah yang dimanfaatkan dengan air yang masuk kedalam tanah. Pembangunan yang terjadi di sekitar kawasan kampus saat ini dapat mengurangi kemampuan untuk meresapkan air hujan sehingga lebih banyak menghasilkan air limpasan hujan. Banyaknya air limpasan hujan yang tidak diimbangi dengan resapan air hujan dapat mengurangi cadangan air tanah di kawasan kampus Universitas Indonesia. Selain itu perubahan tata guna lahan juga dapat mempengaruhi kualitas air tanah disekitarnya (Dzwario et al, 2006). Untuk mengurangi limpasan air hujan di Fakultas Teknik Universitas Indonesia dibuat sumur resapan. Keberadaan sumur resapan ini selain untuk menambah air yang masuk kedalam tanah juga dapat mengubah kualitas air tanah yang berada di sekitarnya (Stiefel et al, 2009; Lehl dan Keeley, 2005). Berlandaskan pernyataan diatas, maka pertanyaan didalam penelitian ini adalah

- a. Bagaimana kualitas air tanah yang berada dekat dengan sumur resapan jika di bandingkan dengan air yang berasal dari sumber air tanah yang jauh dari sumur resapan.
- b. Parameter apa saja yang mengalami perubahan nilai dengan adanya sumur resapan tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui kualitas air tanah yang berada dekat dengan sumur resapan dan membandingkan kualitasnya dengan air yang berasal dari sumber air tanah yang jauh dari sumur resapan.
- b. Mengetahui parameter apa yang akan mengalami perubahan nilai dengan adanya sumur resapan.

1.4 Manfaat Penelitian

a. Bagi Universitas Indonesia

Penelitian ini dapat mendukung keberadaan kampus Universitas Indonesia sebagai daerah resapan dan dapat menjadi salah satu aspek keberhasilan dari ke lima aspek didalam program *Green Metric* yaitu efisiensi air (*water efficiency*)

b. Bagi Peneliti

Penelitian ini merupakan sarana bagi penulis untuk mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama masa kuliah dan mengaplikasikan ilmu yang didapatkan ke dalam dunia nyata. Selain itu, secara khusus penelitian ini diajukan untuk memenuhi tugas akhir.

c. Bagi Peneliti lain

Penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk penelitian-penelitian selanjutnya

1.5 Batasan Penulisan

Secara umum, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air tanah yang berada dekat dengan sumur resapan dan parameter apa saja yang dapat mengalami perubahan nilai. Adapun batasan dalam penelitian ini adalah

- a. Penelitian akan dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Indonesia, kota Depok.
- b. Penelitian dilakukan selama 1 tahun dengan pengukuran kualitas air tanah secara berkala.
- c. Tidak dicari jarak maksimum dari efektifitas sumur resapan terhadap kualitas air tanah.
- d. Sumber air yang masuk kedalam sumur resapan diasumsikan hanya berasal dari air hujan.

BAB 2

STUDI KEPUSTAKAAN

2.1 Kerangka Teori

2.1.1 Pengertian Air Tanah

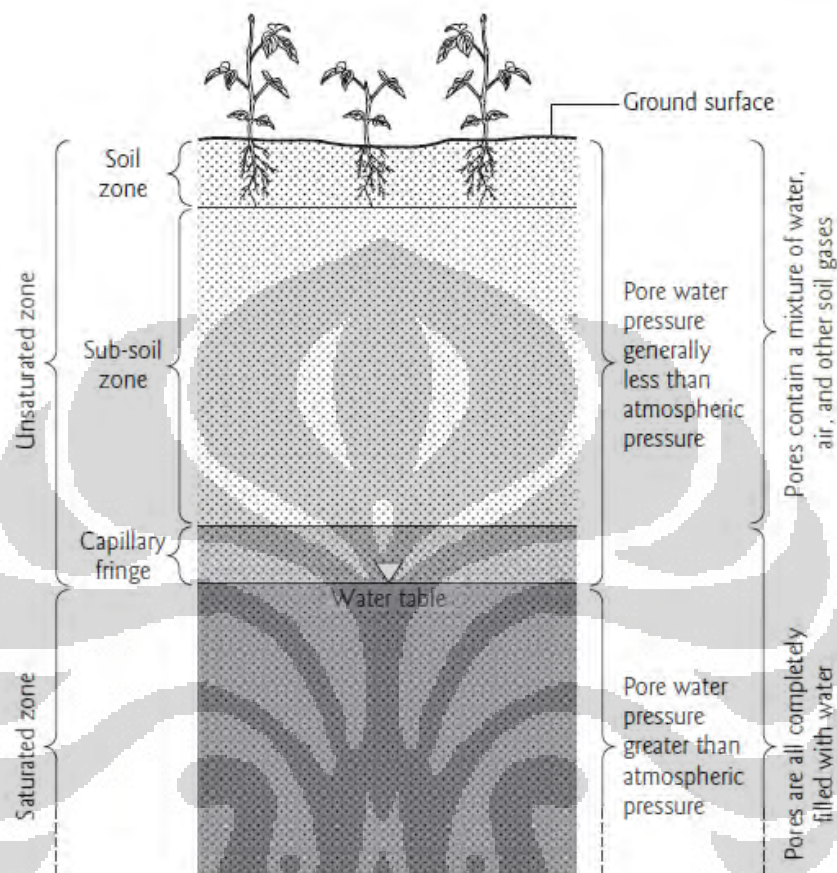
Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan manusia, disamping itu air juga merupakan komponen lingkungan hidup yang penting bagi keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Di dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, dijelaskan bahwa air adalah semua air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah kecuali air laut dan air fosil. Berdasarkan keberadaannya (Robert & Roestam, 2010), air di muka bumi ini dibagi menjadi dua macam yaitu air permukaan dan air tanah. Menurut Chin (2006), air yang berada di atas lapisan tanah (dalam bentuk cair) dinamakan air permukaan dan air yang berada di bawah lapisan tanah dinamakan air tanah. Walaupun keberadaan air tanah dan air permukaan saling berhubungan namun keduanya memiliki sistem dan penanganan yang berbeda.

Definisi secara sederhana mengenai air tanah ialah semua air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah merupakan sumber daya alam yang sangat penting mengingat bahwa hampir 97% air bersih berasal dari air tanah dan 3% berasal dari sungai, danau dll (National Academy Press, 1994). Air tanah juga dapat digunakan sebagai sumber air untuk beberapa kegiatan seperti pertanian, irigasi dan industri. Namun dikarenakan keberadaan air tanah yang berbeda-beda pada tiap daerah maka tidak semua daerah dapat memanfaatkan air tanah untuk kepentingan tersebut.

2.1.2 Keberadaan Air Tanah

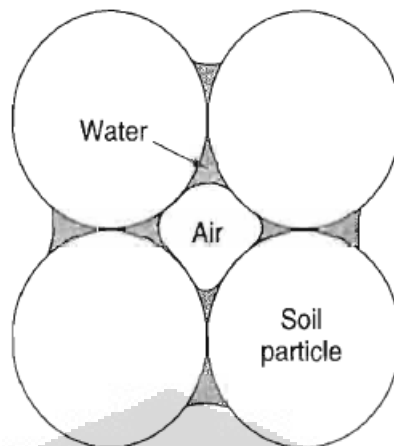
Air tanah merupakan bagian dari air yang berada di bawah permukaan tanah (*sub-surface water*). Distribusi secara vertikal pada sub-permukaan air dapat dibagi menjadi zona tidak jenuh (*unsaturated/aeration zone*) dan zona jenuh (*saturated zone*) (Gambar 2.1). Pada zona tidak jenuh/aerasi terdiri dari rongga

atau celah yang sebagian diisi oleh air dan udara. Sementara itu pada zona jenuh (*saturated zone*) semua rongga diisi oleh air.



Gambar 2.1 Distribusi Pembagian Zona Air Tanah
Sumber: Younger, 2006

Air yang mengisi zona tidak jenuh (*unsaturated zone*) dinamakan air vadose (*vadose water*), air vadose yang berada dekat dengan permukaan dan dapat digunakan untuk vegetasi tanaman dinamakan air solum (*solum water*). Keduanya merupakan bagian dari zona tidak jenuh (*unsaturated zone*). Pada zona ini, ruang terbuka (celah) antara partikel tanah dan batu tidak pernah dapat terisi penuh dengan air. hal tersebut karena terdapat udara yang menghalangi air untuk mengisi celah tersebut (Gambar 2.2)



Gambar 2.2 Ilustrasi mengenai air vadose pada zona tidak jenuh (*unsaturated zone*)

Sumber: Todd & Mays, 2005

Air tanah didalam zona tidak jenuh (*unsaturated zone*) bergerak menuju ke bawah secara terus menerus hal ini terjadi karena air tersebut berada didalam pengaruh gravitasi (Pater & Shah, 2008). Menurut Younger (2006), zona tak jenuh (*unsaturated zone*) dapat dibagi menjadi zona tanah (*soil zone*) dan sub-zona tanah (*sub-soil zone*). Zona tanah (*soil zone*) adalah lapisan paling atas di bumi yang mendukung untuk keberlangsungan kehidupan tanaman. Zona tanah akan cenderung untuk tetap tidak jenuh untuk waktu yang panjang. Air yang berada pada zona tanah akan diambil oleh akar tanaman untuk proses metabolisme tumbuhan. Kelebihan air yang diambil oleh tumbuhan biasanya tidak dikembalikan kembali ke zona tanah namun hilang ke atmosfer melalui daun dengan menggunakan proses yang disebut transpirasi. Dasar dari zona tanah didefinisikan sebagai kedalaman maksimum dimana air dapat dihisap oleh akar tanaman. Air yang dapat melewati zona inilah yang akan mengisi air tanah.

2.1.3 Sumber Air Tanah

Hampir semua air tanah dapat dianggap sebagai bagian dari siklus hidrologi dan berasal dari beberapa sumber (Patel & Shah, 2008), yaitu :

- *Meteoric Water*

Air meteoric merupakan air yang berasal dari curah hujan. Kendati sebagian besar air hujan mencapai laut melalui air permukaan namun beberapa bagian air yang jatuh pada air permukaan terjadi proses infiltrasi ke bagian bawah permukaan dan membentuk air tanah. Sebagian besar sumber air tanah berasal dari proses ini yang terjadi hampir terus menerus.

- *Connate Water*

Air yang terperangkap di dalam batuan sedimen sejak batuan sedimen itu ada sebelum terjadinya lithifikasi. Air tersebut terdiri dari air pori dari suatu sedimen yang mengalami perpindahan dari tempat terbentuknya. Air ini mungkin berasal dari laut atau sumber mata air yang tinggi nilai mineralnya.

- *Juvenile Water*

Air yang terbentuk di dalam bumi dan dikeluarkan melalui letusan gunung berapi.

2.1.4 Faktor yang Mempengaruhi Air Tanah

Keberadaan air tanah di bumi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor baik itu secara langsung maupun tidak langsung (Patel & Shah, 2008), faktor-faktor tersebut antara lain :

- Curah Hujan

Banyaknya curah hujan yang ada pada suatu daerah sangat menentukan keberadaan air tanah. Diperkirakan bahwa setiap curah hujan setinggi 5 cm dalam waktu satu jam dapat mengakibatkan banyaknya air limpasan dan sedikit yang terserap ke dalam tanah. Namun hal ini berbeda ketika curah hujan setinggi 5 cm selama 24 jam akan mengakibatkan sedikitnya air limpasan dan akan banyak terjadi penyerapan ke dalam tanah.

- Topografi

Topografi memiliki pengaruh terhadap air limpasan dan proses penyerapan/infiltrasi air hujan. Kondisi lahan yang curam akan menyebabkan banyaknya air limpasan dan sedikitnya proses infiltrasi. Pada kondisi daerah yang tidak terlalu curam banyaknya air limpasan dan air yang akan mengalami infiltrasi

akan sebanding. Sedangkan pada kondisi lahan yang datar, infiltrasi lebih banyak dibandingkan dengan air limpasan.

- Vegetasi Tanaman

Vegetasi tanaman dapat menangkap lebih banyak air hujan dan memiliki fungsi untuk mengisi keberadaan air tanah. Jika keberadaan vegetasi ini sedikit atau hampir tidak ada maka akan memperbesar air limpasan dan sedikit infiltrasi. Ketika suatu lahan ditumbuhi vegetasi rerumputan maka akan menyebabkan proses infiltrasi akan lebih banyak dibandingkan dengan vegetasi pada suatu hutan. Ketebalan suatu vegetasi berpengaruh pada banyak sedikitnya daerah tersebut menyerap air hujan.

- Evapotranspirasi

Evaporasi disebabkan karena adanya kontak antara air dengan panas radiasi maupun angin yang menguapkan molekul uap air pada badan sungai, danau bendungan dll. Proses ini juga berpengaruh terhadap kedalaman suatu lapisan tanah satu hingga dua meter dibawah lapisan permukaan tanah. Setiap tanaman mendapatkan air melalui daun tanaman dan mendapatkan sedikit dari lapisan tanah yang mengandung air. kemampuan untuk transpirasi tergantung pada temperatur atmosfer dan kecepatan angin. Gabungan dari proses evaporasi dan transpirasi biasanya disebut evapotranspirasi.

- Sifat lapisan air pada batuan dan tanah

Sifat-sifat lapisan tanah seperti porositas, permeabilitas dll memiliki peran yang penting di dalam keberadaan formasi air tanah. Porositas dan permeabilitas batuan atau tanah yang tinggi dapat mempermudah untuk melakukan penyerapan air. Disamping itu, ini juga berperan dalam sirkulasi air tanah.

2.1.5 Akifer

Akifer merupakan sebuah formasi geologi atau unit geologi dimana didalamnya terdapat lapisan air yang dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga, kepentingan umum, pertanian dll. Terdapat empat jenis formasi batuan yang dapat berfungsi sebagai akuifer antara lain pasir dan kerikil yang tidak terkonsolidasi, batuan pasir, batuan karbonat dan batuan vulkanik. Akifer juga

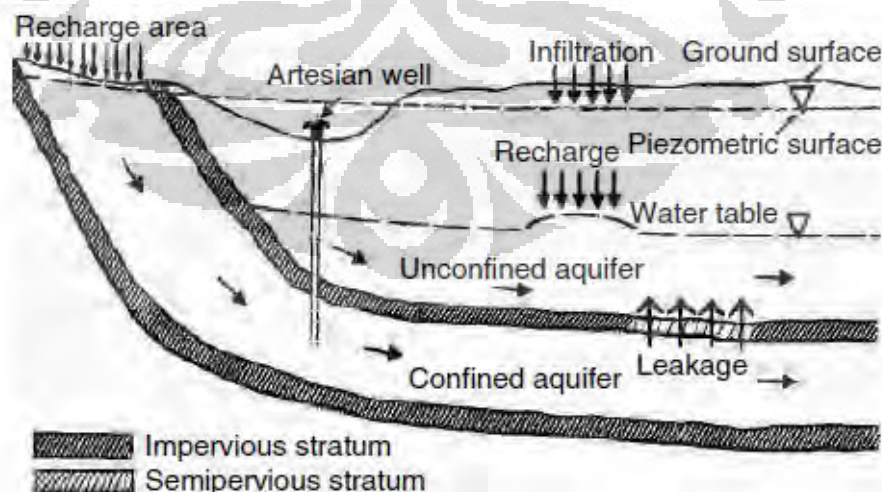
dapat terjadi pada kondisi dimana terdapat zona keretakan dari batuan beku, metamorf atau batuan sedimen (Lehr & Keeley, 2005). Beberapa akifer memiliki cakupan luas yang cukup besar dan dapat digambarkan sebagai tempat penyimpanan air tanah secara alami. Air memasuki akifer dapat secara alami maupun melalui daerah resapan. Terdapat beberapa jenis akifer (Patel & Shah, 2008), antara lain :

- Akifer Bebas (*Unconfined aquifer*)

Akifer bebas merupakan lapisan air dimana muka air tanah sebagai bagian paling atas dari akifer ini. Bagian bawah dari lapisan ini terdapat *Aquitard* sebagai pembatas antara akifer bebas dengan akifer tertekan. Dengan kata lain akifer inilah yang memiliki muka air tanah (Kodoatie, 1996). Pada akifer ini memiliki tekanan yang sama dengan tekanan udara dan memiliki muka air yang bervariasi ketinggiannya berdasarkan kemiringan lahan, area resapan dan area imbuan (Patel & Shah, 2008).

- Akifer Tertekan (*Confined aquifer*)

Akifer tertekan merupakan akifer dengan kondisi jenuh air yang dibatasi oleh lapisan atas dan bawah yang bersifat kedap air (*aquiclude*) dan memiliki tekanan air yang lebih besar dibandingkan dengan tekanan atmosfer (Kodoatie, 1996). Air di dalam akifer tertekan ini berada didalam tekanan hidrostatik yang tercipta karena formasi geologi yang berada di atasnya (Lehr & Keeley, 2005).

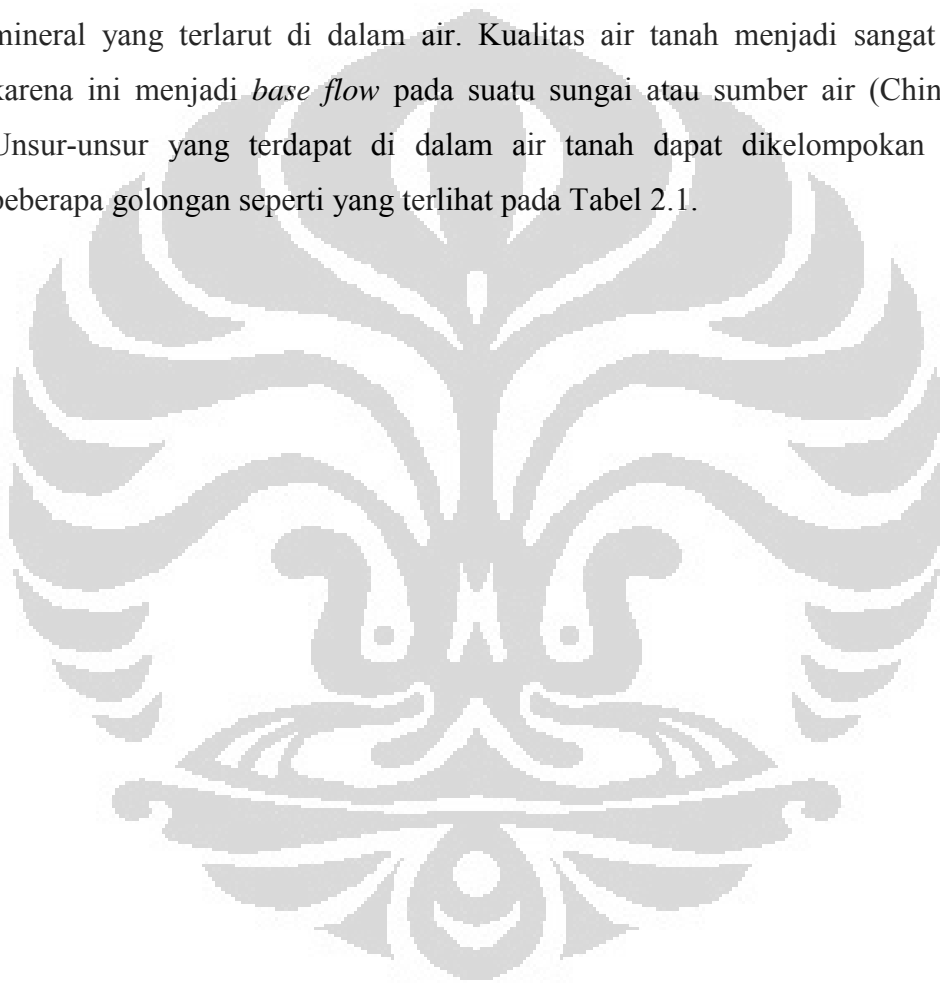


Gambar 2.3 Tipe Akifer

Sumber: Lehr & Keeley, 2005

2.1.6 Kualitas Air Tanah

Kualitas air ditandai dengan sifat kimia (organik & inorganik), fisik serta mikrobiologi. Pemantauan dan pengujian pada suatu konstituen harus fokus pada suatu bahan yang bersifat berbahaya bagi kesehatan manusia (The National Academies Press, 2001). Unsur kimia yang terdapat pada air tanah masuk ke dalam suatu akifer melalui bentuk air hujan yang meresap melalui pori-pori tanah. Unsur yang paling banyak ditemukan di dalam air tanah adalah garam mineral dan mineral yang terlarut di dalam air. Kualitas air tanah menjadi sangat penting karena ini menjadi *base flow* pada suatu sungai atau sumber air (Chin, 2006). Unsur-unsur yang terdapat di dalam air tanah dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan seperti yang terlihat pada Tabel 2.1.



Tabel 2.1 Unsur Pada Air Tanah

| Unsur Mayor (>5 mg/l) | | |
|-----------------------------------|-------------|----------------------------|
| Bicarbonat | Klorin | Sodium |
| Asam Karbonat | Magnesium | Sulfat |
| Kalsium | Silika | |
| Unsur Minor (0,1 to 10 mg/l) | | |
| Boron | Besi | Potassium |
| Karbonat | Nitrat | Stronsium |
| Flourida | | |
| Unsur Tambahan (< 0,1 mg/l) | | |
| Alumunium | Tembaga | Selenium |
| Antimoni | Timah | Perak |
| Arsenik | Mangan | Thalium |
| Barium | Nikel | Thorium |
| Berlium | Fospat | Uranium |
| Kadmium | Radium | Vanadium |
| Kronium | Radon | Zinc |
| Kobalt | | |
| Senyawa Organik (Akifer Dangkal) | | |
| Asam Amino | Asam Humic | Asam Tanin |
| Karbohidrat | Hidrokarbon | Total organik karbon (TOC) |
| Asam Fulvic | Lignin | |
| Tabel 2.1 (Sambungan) | | |
| Senyawa Organik (Akifer Dalam) | | |
| Asam Asetat | Propionat | |

Sumber : Davis & De Wiest, 1966

Air yang berasal dari permukaan ketika meresap kedalam tanah maka dengan seketika air tersebut akan berinteraksi secara fisik, kimia dan biologi sehingga mengubah kualitas dari air tersebut. Air tanah yang belum tercemar memiliki kualitas air yang jernih, tidak berwarna serta bebas dari kotoran. Hal tersebut dikarenakan ketika terjadi proses presipitasi maka kotoran-kotoran yang terbawa air akan tersaring oleh butiran-butiran partikel pada lapisan tanah (Lehr & Keeley, 2005). Di dalam menentukan kualitas air tanah diperlukan beberapa parameter

untuk mengetahui kandungan yang terdapat pada air tanah (The National Academies Press, 2001). Parameter-parameter tersebut adalah

- Parameter Fisik

Parameter fisik berhubungan dengan keberadaan zat yang pada umumnya dapat dilihat dengan kasat mata. Parameter ini akan memberikan kesan pertama pada suatu kualitas air yang ada berdasarkan sifat-sifat yang tampak pada air tersebut. Air yang bersih diharapkan bebas dari kekeruhan, warna serta bau. Disamping itu penting juga untuk memperhatikan sifat fisik lainnya seperti, *dissolved oxygen*, pH, dan suhu.

- a. Kekeruhan (*Turbidity*)

Partikel yang tersuspensi dapat mengganggu masuknya cahaya ke dalam air. Partikel tersebut dapat menyerap sinar cahaya yang masuk serta menghamburkannya. Air yang memiliki nilai kekeruhan yang besar dapat mengganggu proses-proses penyerapan. Partikel tersebut dapat memperlambat kecepatan air yang masuk ke dalam suatu filter. Partikel tersuspensi juga dapat menjadi tempat untuk bakteri-bakteri patogen untuk hidup berkoloni dan tahan terhadap desinfektan.

- b. Warna

Warna di dalam air merupakan hasil dari kandungan zat organik yang tinggi. Warna pada air minum ditentukan dengan membandingkan warna yang ada pada sampel dengan warna standar yang telah ditentukan. Air yang terlalu lama berada dalam kondisi anaerobik akan terlihat berwarna hitam atau abu-abu yang merupakan indikasi akan adanya sulfida logam.

- c. Bau

Proses dekomposisi kimia organik atau penguraian sulfat dapat menimbulkan suatu senyawa yang menimbulkan bau. Beberapa gas yang menimbulkan bau seperti, hydrogen sulfida, belerang, dll terbentuk dalam kondisi anaerobik. Untuk menghilangkan bau tersebut seharusnya terlebih dahulu diberikan oksigen atau yang biasa dikenal dengan proses aerasi.

d. Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut pada air permukaan dibutuhkan untuk proses respirasi aerobik dan keberadaannya untuk melindungi keberadaan ekosistem akuatik. Keberadaan oksigen terlarut dapat mengurangi terbentuknya bau yang sifatnya berbahaya dan mencegah solubilitas logam tertentu (seperti besi dan mangan)

e. pH

Konsentrasi ion hidrogen merupakan parameter penting di dalam penentuan kualitas air. pH dapat mempengaruhi muatan pada suatu zat padat, distribusi asam serta toksisitas pada suatu medium

f. Suhu

Suhu menjadi suatu parameter yang penting dikarenakan, dapat mempengaruhi kecepatan suatu reaksi di bawah permukaan air. Suhu yang tinggi akan meningkatkan laju dari reaksi kimia. Reaksi yang melibatkan gas-gas terlarut juga dipengaruhi oleh keberadaan suhu disamping itu suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menghambat proses kehidupan bakteri. Pada suatu arus air, suhu yang tinggi pada umumnya memiliki oksigen terlarut yang rendah dan berdampak pada penggunaannya untuk kebutuhan sehari-hari.

- Parameter Kimia Non-Organik

Unsur-unsur yang terdapat di dalam parameter kimia non-organik ini seperti pada Tabel 2.2. Unsur non-organik ini dapat dikelompokkan di dalam beberapa bagian, antara lain sebagai nutrient, metal dan non-metal. Nitrogen dan fosfor dikenal sebagai *nutrient* karena keberadaannya yang sangat penting bagi pertumbuhan mikroorganisme serta pada tanaman. Unsur pada non-metal seperti *hydrogen* dan garam terlarut seperti klorida, sulfida dan boron. Unsur logam hadir dalam bentuk *trace concentration* dan dapat dikatakan sebagai sumber polutan. Contohnya logam beracun seperti arsen, cadmium, merkuri, timbal dan kromium. Besi dan mangan merupakan unsur logam yang sangat mempengaruhi kualitas estetika air. keberadaan jumlah unsur kimia non-organik ini jika berlebihan dapat mengganggu sifat air dalam bentuk estetika serta toksisitas air tersebut.

Tabel 2.2 Unsur-unsur pada tanah dan pengaruhnya

| Senyawa | Air Tanah belum tercemar | Air Permukaan | Limpasan Air Hujan | Air untuk Standar Air Minum | Air Limbah ntuk digunakan sebagai Air Minum |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|---|
| Salinitas | Sedikit | Sedikit hingga Menengah | Sedikit hingga Menengah | Sedikit | Tinggi |
| Nutrisi (NO ₃ , dll) | Menengah | Menengah | medium | Sedikit | Tinggi |
| Metalloid, termaksud Arsen | Sedikit hingga Menengah | Sedikit | Menengah hingga Tinggi | Sedikit | Tinggi |
| Mn, Mo, Fe, Ni, Co, V | Sedikit hingga Menengah | Sedikit | Menengah | Sedikit | Sedikit |
| Senyawa Tambahan | Sedikit hingga Menengah | Menengah | Tinggi | Sedikit | Menengah |
| Total organik karbon (TOC) | Sedikit hingga Menengah | Menengah hingga Tinggi | Menengah | Sedikit | Menengah |
| Disinfeksi oleh produk | Sedikit | Menengah | Sedikit | Tinggi | Tinggi |
| Mikroorganisme | Menengah hingga Tinggi | Tinggi | Menengah | Sedikit | Tinggi |

Sumber: The National Academis Press, 2001

- **Parameter Biologis**

Mikroorganisme yang terkait dengan kesehatan manusia terhadap air tanah maupun sumber air lainnya yang digunakan untuk kepentingan manusia dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu mikroorganisme yang terkontaminasi oleh kotoran di dalam tanah maupun permukaan tanah dan mikroorganisme yang memang sudah memiliki sifat yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Setiap air permukaan memiliki tingkat keberadaan alga, bakteri serta mikroorgaisme yang bersifat parasit yang berbeda-beda jumlahnya, selain itu jika terdapat masukan air yang berasal dari air buangan maka akan dapat menambah tingkat pencemaran air tersebut karena masuknya virus dan mikroba yang berasal dari kotoran manusia. Pada air tanah yang belum tercemar pun terdapat bakteri dan protozoa yang mungkin dapat berbahaya bagi kesehatan manusia. Untuk air minum harus tidak mengandung sama sekali mikroorganisme didalamnya.

2.1.7 Konservasi Air

Pada daerah dengan kondisi lahan tandus atau semi-tandus, biasanya memiliki nilai curah hujan rendah dan tak menentu dengan intensitas yang tinggi dalam interval yang pendek. Hal ini menyebabkan tingginya air limpasan (*run-off*) dan kelembaban tanah yang rendah. Akibatnya daerah tersebut kehilangan 50-60 % air hujan yang seharusnya bisa ditangkap oleh daerah resapan. Jika air limpasan ini bisa ditampung dengan luasan tertentu maka dapat menjadi suatu cadangan air dimana dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan kekeringan air pada musim kemarau (Patel & Shah, 2008). Istilah konservasi telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, para ahli menganggap bahwa konservasi sebagai suatu cara untuk mengelola sumber daya sedemikian rupa sehingga kebutuhan manusia dapat terpenuhi. Konservasi air merupakan suatu cara pencegahan terhadap hilangnya air limpasan akibat hujan. Pada beberapa negara seperti India yang mengalami curah hujan yang tinggi pada musim hujan dan sebaliknya pada musim kemarau sangat memerlukan teknologi konservasi air ini. Dimana India tergolong kedalam negara yang padat penduduk. Hal ini sebanding dengan banyaknya kebutuhan air yang harus dipenuhi pemerintah untuk memenuhi kebutuhan penduduknya (Javed Hasan, n.d.). Di dalam mengatasi permasalahan mengenai kelangkaan air maka diperlukan beberapa cara untuk meningkatkan jumlah tangkapan air hujan yang nantinya bisa digunakan sebagai salah satu sumber alternatif didalam mengatasi permasalahan kekurangan air. Menurut Patel & Shah (2008), terdapat beberapa jenis konservasi air yaitu konservasi air hujan (*Conservation of rain water*) dan konservasi air tanah (*Groundwater Conservation*).

a) Konservasi Air Hujan (*Rainwater Harvesting*).

Air hujan telah banyak digunakan dan dilestarikan untuk pertanian oleh beberapa negara sejak zaman dahulu. Pada daerah yang jarang memiliki hujan maka jika kita memanen atau menampung air hujan dalam luasan yang besar maka kita dapat menyimpan air dalam jumlah yang besar. Di dalam konservasi air hujan, digunakan metode *Roof Rainwater Harvesting* dimana air hujan yang jatuh ke atap rumah dikumpulkan pada suatu tampungan air/kolam dimana air tersebut disimpan untuk dijadikan cadangan air pada waktu musim

kemarau tiba. *Roof Rainwater Harvesting* memiliki enam komponen utama yang harus dimiliki (Levario & Kinkade, 2007), antara lain:

- *Catchment area*
Komponen ini merupakan komponen untuk menangkap air hujan biasanya berupa atap rumah. Apabila air hujan ingin digunakan sebagai air minum maka material untuk atap harus yang tidak memiliki efek samping yang berbahaya bagi tubuh manusia seperti asbes, tembaga, besi dll.
- *Conveyance*
Ini merupakan saluran yang akan membawa air tangkapan dari atap yang nantinya akan disimpan. Contoh saluran pembawa ini seperti gutter pada atap rumah atau pipa penghubung. Untuk menjaga agar saluran ini tetap bersih terkadang dipasang saringan di atas gutter. Hal ini untuk mencegah masuknya daun atau material lainnya.
- *Roof washing*
Roof washing merupakan suatu proses untuk mengurangi debu atau material lainnya yang akan memasuki sistem rainwater harvesting. Sistem pada roof washing ini karena pada saat air hujan pertama kali menyentuh atap maka akan ada kotoran yang terbawa aliran air pada sistem ini sehingga untuk menghilangkan kotoran ini air hujan akan dikeluarkan dari sistem ini hingga nantinya air yang bersih akan masuk ke dalam tempat penyimpanan.
- *Storage*
Storage merupakan tempat untuk menyimpan air hujan pada sistem rainwater harvesting ini. Material dalam menggunakan storage ini harus material yang tidak berbahaya bagi manusia. Beberapa storage terdapat ruang untuk pengendapan pada bagian dasar. Storage dapat disimpan di atas rumah maupun di bawah tanah. Kebersihan dari storage harus tetap terjaga dari alga dan yang paling penting dari nyamuk.
- *Distribution*
Pada bagian distribusi ini biasanya dilakukan secara gravitasi dimana air tidak membutuhkan energi untuk mengalir ke luar. Pada komponen ini menggunakan pipa saluran sebagai saluran penghubung.

- *Purification*

Komponen ini sangat penting jika air hujan yang disimpan akan digunakan sebagai air minum. Water treatment dibutuhkan didalam proses pemurnian. Proses pemurnian ini biasanya hanya membutuhkan sistem untuk filtrasi, desinfeksi serta penyangga pH. Pada saat ini setiap rumah di negara-negara maju menggunakan teknologi reverse osmosi untuk unit pengolahan air.

b) Konservasi Air Tanah

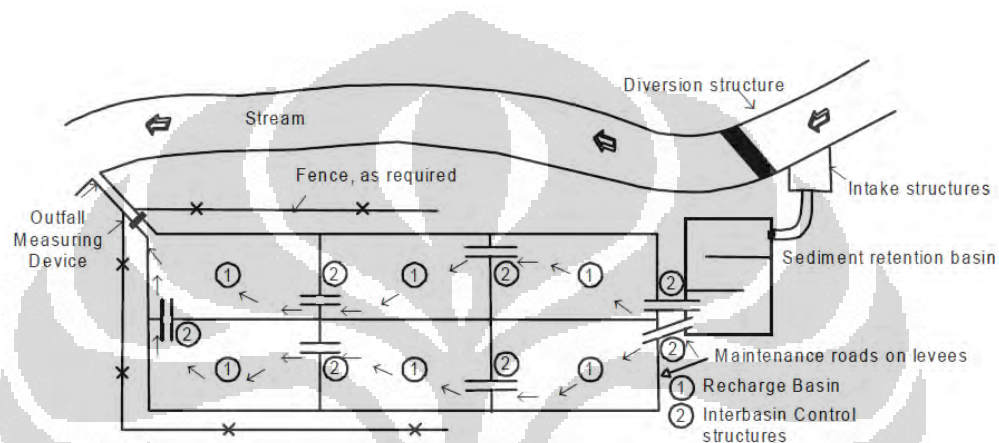
Konservasi air ini dilakukan untuk meningkatkan kebutuhan akan air tanah dimana pada saat ini sering terjadi kekurangan air tanah. Untuk meningkatkan jumlah air tanah, dapat dilakukan dengan membuat artificial recharge. *Artificial recharge* dapat didefinisikan sebagai suatu cara untuk memindahkan air di permukaan ke dalam air yang ada di lapisan aquifer dengan campur tangan manusia (Patel & Shah, 2008). Menurut Todd (1980), *artificial recharge* dapat dikatakan sebagai suatu proses penambahan pergerakan air permukaan secara alami ke dalam tanah dengan beberapa metode bangunan konstruksi. Beberapa metode telah dikembangkan termasuk metode *water spreading*, pengisian ulang dengan membuat lubang dan sumur (pits & well). Penerapan metode tersebut berdasarkan pada keadaan topografi, geologi, kondisi tanah, jumlah air yang akan di *recharge* pada daerah tersebut. *Artificial recharge* juga dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas air tanah yang berada pada daerah payau atau mengandung unsur kimia beracun seperti arsen dan flouride pada kondisi di atas batas aman (Patel & Shah, 2008).

Didalam penggunaannya, metode *water spreading* yang paling sering digunakan. *Water spreading* dapat diartikan sebagai menempatkan air berada di atas permukaan tanah untuk meningkatkan jumlah air yang dapat menyerap ke dalam tanah dimana selanjutnya air tersebut akan bertemu dengan muka air tanah. Metode Spreading dapat digolongkan menjadi beberapa metode (Todd, 1980), antara lain :

1) Basin (kolam)

Pada metode ini air akan diisi kedalam sebuah tampungan (bendungan/kolam). Pada umumnya bentuk dan ukuran dari tampungan ini

tergantung pada kondisi serta kemiringan lahan. Metode ini membutuhkan perawatan yang berkala untuk mengurangi endapan yang terjadi pada dasar kolam tampungan. Ketika hanya terjadi hujan pada daerah setempat maka satu buah kolam tampungan sudah mencukupi, namun jika air yang masuk ke dalam kolam berasal dari air limpasan daerah lain maka beberapa kolam tampungan dalam bentuk seri atau parallel diperlukan (Ilustrasi mengenai metode ini dapat dilihat pada Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Layout Metode Basin

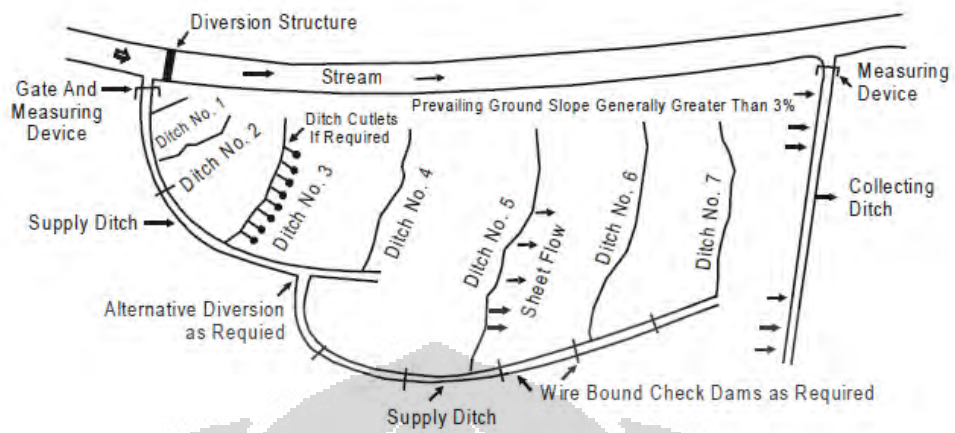
Sumber: Patel & Shah, 2008

2) *Stream channel*

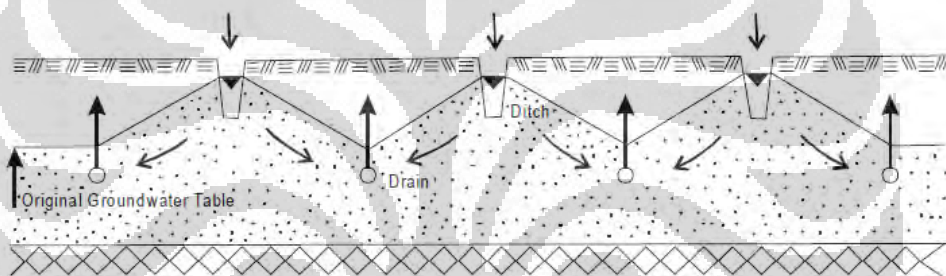
Metode ini bertujuan untuk memperpanjang waktu kontak pada daerah yang akan di-*recharge* pada saluran sungai secara alami. Metode ini membutuhkan pengaturan arus sungai yang baik pada bagian hulu agar tidak mengganggu proses infiltrasi selama air sungai mengalir ke bagian hilir.

3) *Ditch & Furrow*

Pada metode ini air dialirkan melewati sebuah *ditch* dan *furrow* yang datar serta luas untuk mendapatkan daerah kontak yang luas antara air dengan daerah resapan. Kemiringan pada *ditch* harus mencukupi untuk dapat membawa materi tersuspensi sehingga tidak menimbulkan pengendapan. Desain dari *ditch* dan *furrow* ini berdasarkan topografi serta luasan suatu daerah. Pada bagian akhir dari sistem ini terdapat sebuah saluran pengumpul untuk membawa air yang berlebih kembali ke saluran utama



Gambar 2.5 Metode *Ditch & Furrow*
Sumber: Patel & Shah, 2008



Gambar 2.6 *Artificial recharge* dengan menggunakan metode *Ditch*
Sumber: Patel & Shah, 2008

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian merupakan suatu cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Hal tersebut menunjukkan bahwa penelitian harus berdasarkan pada ciri-ciri keilmuan yaitu, rasional, empiris dan sistematis. Data yang diperoleh melalui penelitian mempunyai kriteria tertentu, yaitu harus valid, reliabel dan obyektif. Melalui penelitian manusia dapat menggunakan hasilnya. Secara umum data yang diperoleh dari penelitian dapat digunakan untuk memahami, memecahkan dan mengantisipasi masalah dalam kehidupan (Sugiyono, 2006).

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif merupakan suatu pendekatan penelitian dimana hasil penelitian berupa data yang dapat diukur, dihitung dan dimasukkan kedalam rumus tertentu. Data yang didapatkan merupakan data kuantitatif. Data kuantitatif adalah data yang berbentuk angka atau bilangan serta data kuantitatif yang diangkakan (*skoring*) (Sugiyono, 2006).

3.2 Variabel Penelitian

Variabel merupakan gejala yang menjadi fokus peneliti untuk diamati. Variabel tersebut sebagai suatu atribut dari sekelompok orang atau objek yang mempunyai variasi antara satu dengan yang lainnya dalam kelompok tersebut (Sugiyono, 2006). Parameter yang akan diujikan terdapat pada Tabel 3.1

3.3 Kondisi Daerah Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pembuatan sumur resapan yang berada pada gedung K Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang berjumlah sebanyak 19 titik dan pada gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang berjumlah 4 titik yang dilakukan oleh pihak Universitas (Gambar 3.1).

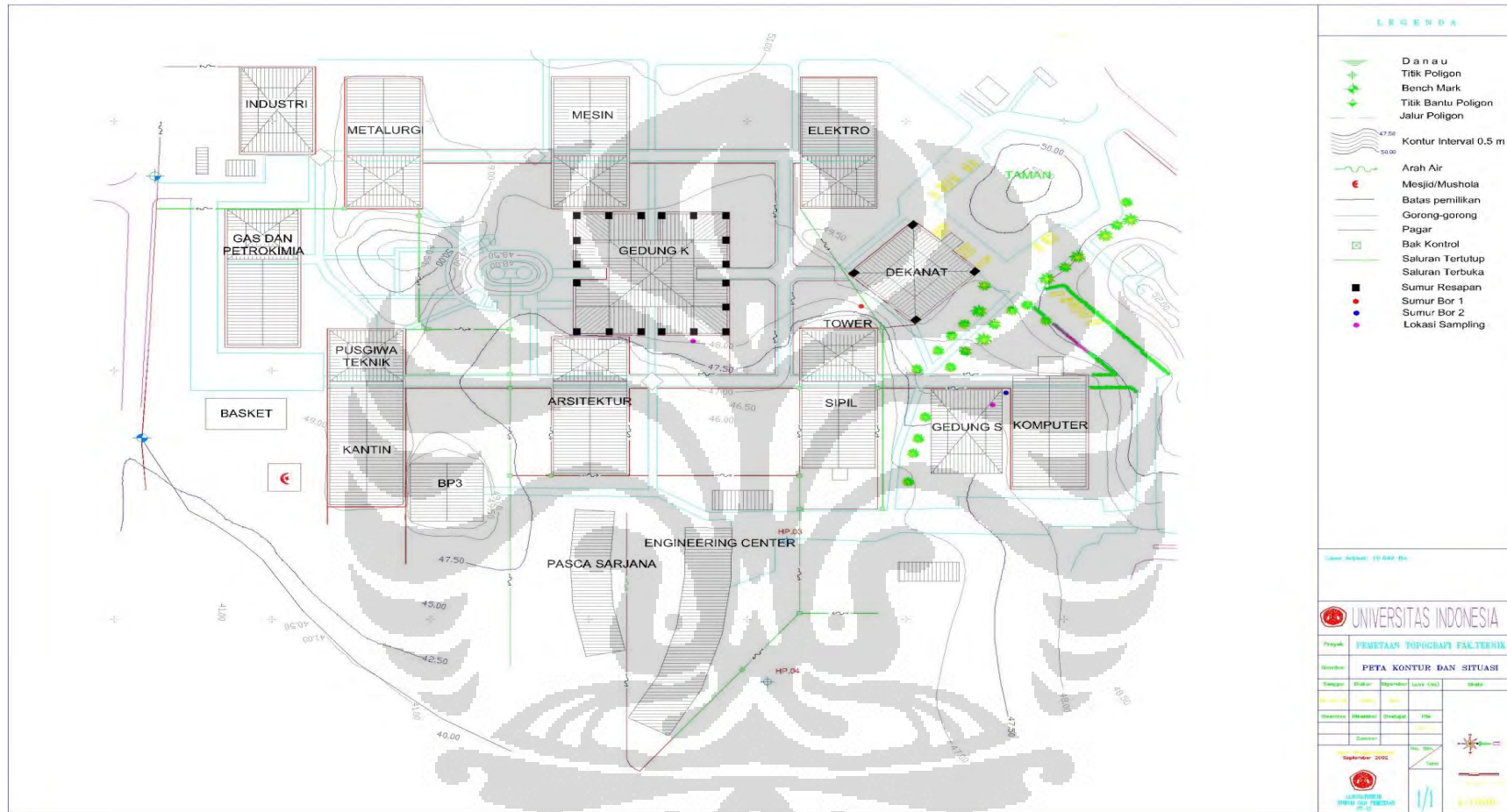
Pembangunan sumur resapan dilakukan pada tanggal 21 Maret 2011. Pembuatan sumur resapan ini berdasarkan standar SK SNI S-14-1990-F mengenai spesifikasi sumur resapan air hujan untuk lahan perkarangan. Pembuatan sumur resapan ini mendekati golongan tipe 1 berdasarkan SK SNI S-14-1990-F dimana tipe 1 ini memiliki kedalaman maksimum sebesar 1,5 m (Gambar 3.2).

3.4 Data

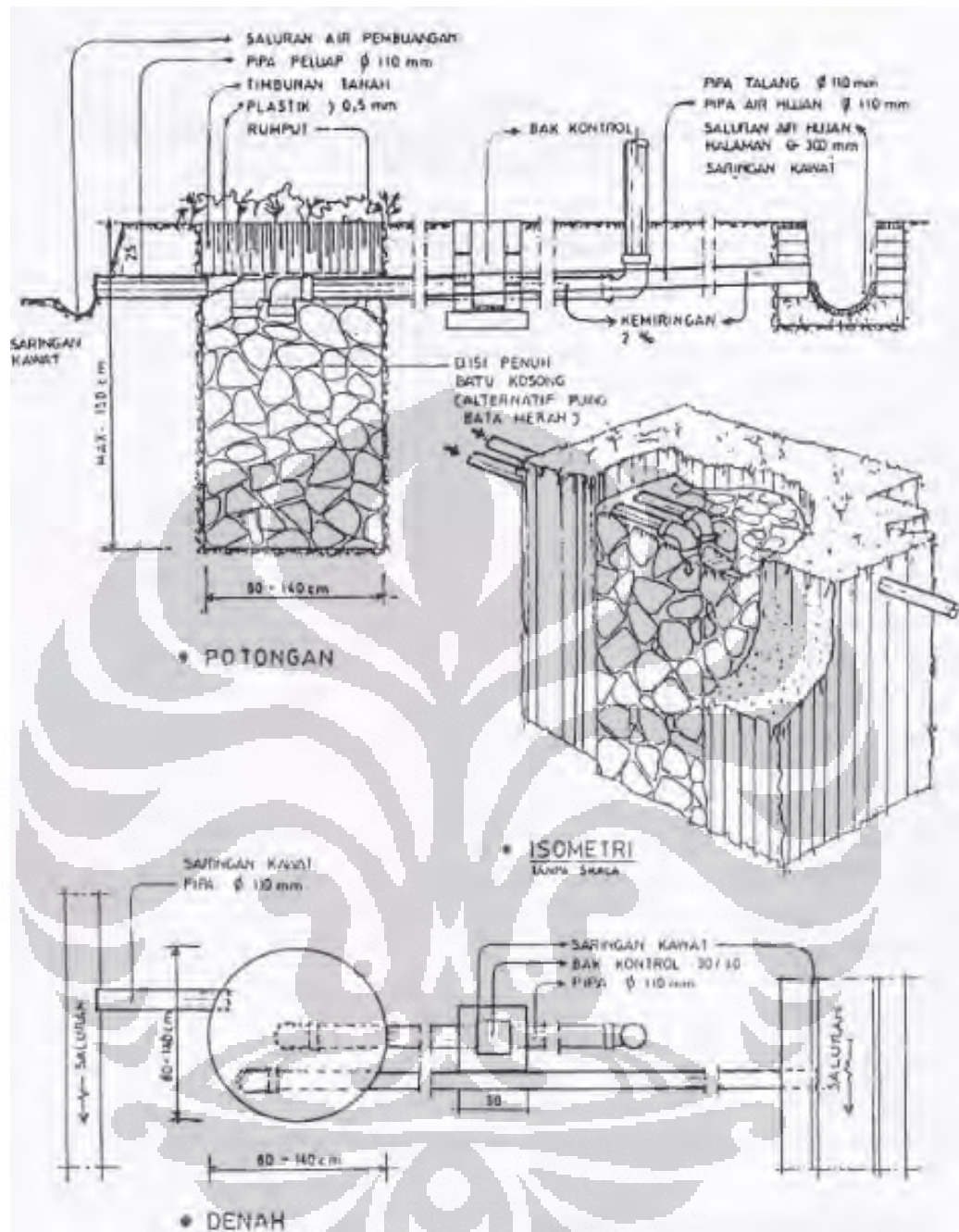
Pada penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer bersifat kuantitatif yang didapatkan dari hasil pemeriksaan laboratorium. Sedangkan data sekunder berasal dari informasi-informasi yang didapatkan dari instansi atau lembaga dan referensi yang terkait dengan permasalahan ini.

3.4.1 Parameter Kualitas Air

Menurut Lehl dan Keeley (2005) dengan adanya sumur resapan parameter air tanah yang akan mengalami perubahan nilai seperti nilai klorida, kekeruhan, magnesium, besi, warna, *Total Dissolve Solid* (TDS) dan pH (Tabel 3.1) Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini menggunakan parameter-parameter tersebut untuk mengetahui perubahan kualitas air tanah yang terjadi dengan adanya sumur resapan.



Gambar 3.1 Denah Lokasi Sumur Resapan & Lokasi Pengambilan Sampel
Sumber: Olahan sendiri



Gambar 3.2 Tipe 1 Sumur Resapan Air Hujan

Sumber: SK SNI S-14-1990-F

Tabel 3.1 Parameter Air Bersih pada Penelitian

| Parameter | Metode Pengukuran | Satuan |
|-----------|-------------------|--------|
| Fe | Spektrofotometri | mg/l |
| Mn | Spektrofotometri | mg/l |
| pH | Potensiometer | |
| Kekeruhan | Turbidimeter | NTU |
| Warna | Spektrofotometri | TCU |
| Cl | Spektrofotometri | mg/l |
| TDS | Multiparameter | mg/l |

Sumber: Olahan sendiri

3.5 Sampel

Menurut Sugiyono (2006), sampel adalah sebagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh suatu populasi. Ketika populasi dalam kondisi yang besar dan peneliti tidak mungkin mempelajari semua yang ada pada populasi, maka peneliti memiliki keterbatasan dana, tenaga dan waktu sehingga peneliti menggunakan sampel yang diambil dari populasi tersebut.

Penelitian ini menggunakan teknik *simple random sampling*. Teknik sampling ini digunakan karena pengambilan sampel anggota dari populasi dilakukan secara acak tanpa memperhatikan strata yang dimiliki populasi. Selain itu, teknik ini dipilih karena anggota populasi dianggap homogen (Sugiyono, 2006). Populasi didalam penelitian ini adalah banyaknya keran air yang dapat mengalirkan air yang berasal dari air tanah. Sampel dalam penelitian ini berupa air tanah.

3.5.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel dilakukan pada 2 tempat di Fakultas Teknik Universitas Indonesia (Gambar 3.1). Lokasi pertama berada pada kran air yang digunakan sebagai tempat untuk wudhu yang berada di bagian selatan bangunan Gedung K Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Lokasi kedua berada di kran air pada wc lantai satu Gedung S Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penentuan untuk lokasi pengambilan sampel ini dikarenakan letak dari sumber air yang

mengisi jaringan sistem air bersih setiap gedung. Untuk lokasi pada kran air wudhu, sumber air yang digunakan berasal dari sumur bor yang berada di bagian belakang Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Letak sumur ini merupakan letak sumber air yang terdekat dengan sumur resapan yang berjarak ± 5 meter. Pada lokasi pengambilan air pada kran wc lantai satu bangunan Gedung S Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sumber air yang digunakan pada jaringan distribusi air bersih bangunan tersebut berasal dari sumur bor yang berada disebelah kanan bangunan tersebut. Jarak terdekat dari sumur bor tersebut dengan lokasi sumur resapan adalah ± 25 meter.

3.5.2 Cara Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dari setiap sumber air sesuai dengan standar SNI 6989.58.2008 (Air dan Air Limbah-Bagian 58 : Metode Pengambilan Contoh Air Tanah). Wadah pengambilan air sampel sudah sesuai dengan SNI 6989.58.2008, dimana persyaratan wadah yang digunakan antara lain :

- Terbuat dari bahan gelas atau plastik poli etilen (PE) atau poli propilen (PP) atau Teflon (*Poli Tetra Fluoro Etilen*, PTFE).
- Dapat ditutup dengan kuat dan rapat
- Tidak mudah pecah
- Tidak berinteraksi dengan sampel.

Di dalam proses pengambilan sampel, air yang berasal dari kran tidak langsung diambil dengan wadah tapi kran air dibuka selama ± 10 menit. Hal ini supaya air yang kita ambil untuk diukur bukan air yang berada pada pipa dalam sistem jaringan air bersih melainkan air yang berada pada tampungan air yang berasal dari air tanah. Selanjutnya wadah yang akan digunakan untuk membawa sampel dibilas sebanyak tiga kali setelah itu air dimasukkan kedalam wadah untuk selanjutnya dilakukan pengujian.

3.5.3 Cara Pengujian Sampel

Pengujian air sampel dilakukan pada Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Jawa Barat. Pengujian air ini dilakukan setelah sampel diambil dari sumbernya masing-masing. Parameter yang diteliti seperti yang terdapat pada Tabel 3.1.

3.5.4 Periode Pengambilan Sampel

Pengambilan data mengenai kualitas air tanah didekat sumur resapan sebelumnya telah dilakukan pada tanggal 11 April 2011 dan 31 Mei 2011. Namun, sebagai perbandingan kualitas air yang dekat dengan sumur resapan dengan yang jauh dari sumur resapan ditentukan sumur bor yang terletak pada Gedung S Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Selanjutnya pengambilan sampel air tanah dilakukan pada kedua sumur bor tersebut selama empat kali yaitu pada tanggal 12 Juli 2011, 7 Oktober 2011, 9 November 2011, dan 20 Maret 2012.

3.6 Luas Daerah Tangkapan Hujan

Dalam perhitungan luas daerah tangkapan air hujan digunakan rumus :

$$A = P \times L \times \frac{1}{\sin \alpha}$$

Keterangan :

A = luas daerah tangkapan air hujan (m²)

P = panjang atap (m)

L = lebar atap (m)

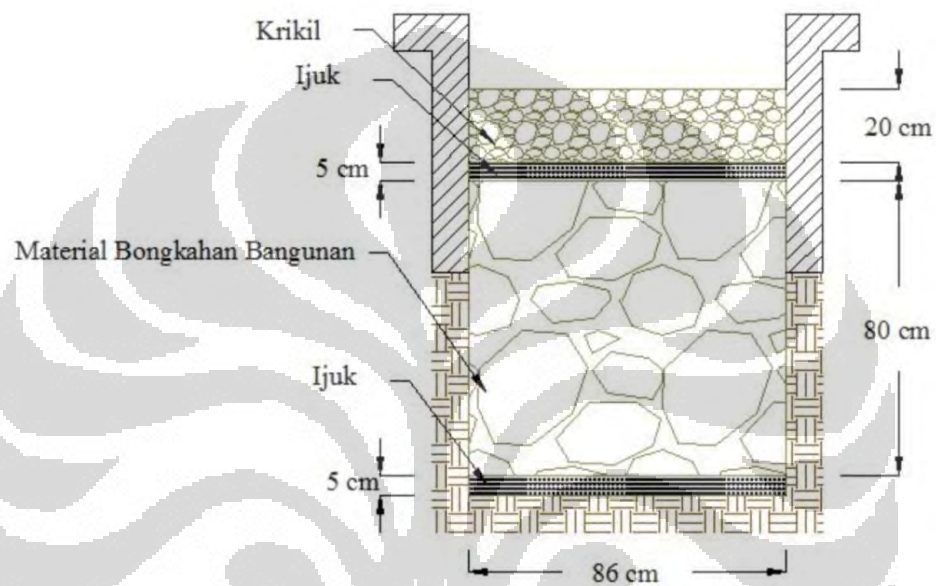
α = sudut kemiringan atap

3.7 Spesifikasi Sumur Resapan

Spesifikasi sumur resapan mendekati tipe 1 sumur resapan SK SNI S-14-1990-F mengenai spesifikasi sumur resapan air hujan untuk lahan perkarangan (Gambar 3.3)

Data sekunder yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain :

1. Data struktur geologis, data ini didapatkan dari Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia.
2. Data kondisi Gedung K, Dekanat dan Gedung S Fakultas Teknik Universitas Indonesia, data ini didapatkan dari hasil wawancara kepada salah satu staff Fakultas Teknik Universitas Indonesia.



Gambar 3.3 Sketsa Potongan Sumur Resapan
Sumber: Olahan sendiri

3.8 Jadwal Pelaksanaan

| Kegiatan | 2011 | | | | | | | | | | | | | | | | 2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|---|---|---|-----|---|---|---|------|---|---|---|---------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|---------|---|---|---|----------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| | April | | | | Mei | | | | Juli | | | | Oktober | | | | November | | | | Desember | | | | Januari | | | | Februari | | | | Maret | | | | April | | | | Mei | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| Studi Literatur | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Desain Penelitian | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pengambilan Data Air Tanah | X | | | | | X | | | X | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pengolahan Data | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Penyusunan Skripsi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

BAB 4

HASIL DAN ANALISA

4.1 Pembuatan Sumur Resapan

Fakultas Teknik Universitas Indonesia memiliki 23 sumur resapan. Keberadaan sumur resapan ini mengelilingi dua bangunan utama yaitu Gedung Kuliah Bersama K dan Gedung Dekanat. Sumur resapan yang mengelilingi Gedung Kuliah Bersama K berjumlah 19 sumur resapan sedangkan yang berada di Gedung Dekanat terdapat 4 sumur resapan (Gambar 3.1). Pemilihan bangunan ini sebagai lokasi pembuatan sumur resapan dikarenakan bangunan tersebut memiliki bak pengontrol air hujan yang mengelilingi bangunan tersebut. Bak pengontrol tersebut dimanfaatkan untuk membuat sumur resapan sehingga selain berfungsi sebagai pengontrol air limpasan hujan dapat juga meresapkan air hujan. Pemilihan bangunan ini diuntungkan dengan luas atap yang cukup besar sebagai daerah tangkapan air hujan yaitu untuk Gedung Kuliah Bersama K sebesar 1607 m² dan untuk Gedung Dekanat sebesar 367 m². Sumur resapan ini berukuran 84 x 86 x 110 cm dengan sumber air utama yang masuk ke dalamnya berasal dari air hujan.

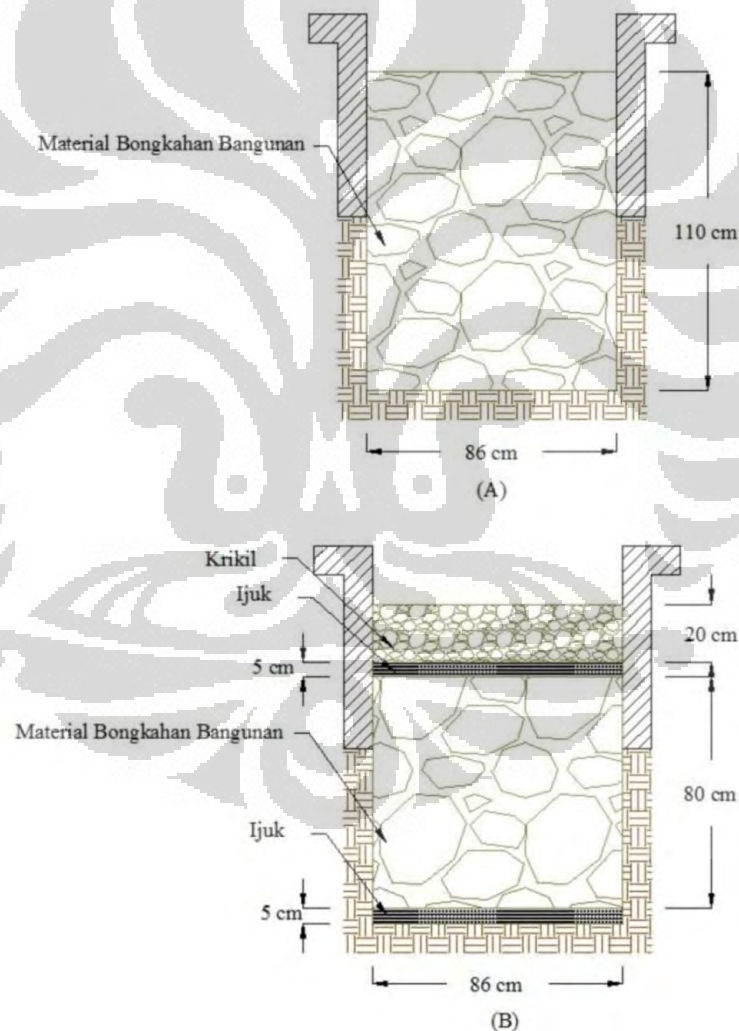


Gambar 4.1 Foto Sumur Resapan di Gdng K Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Sumber: Olahan sendiri

Pembuatan sumur resapan ini dilakukan pada tanggal 21 Maret 2011 oleh pihak kampus. Pembuatan sumur resapan ini menggunakan bongkahan puing

bangunan sebagai material pengisi sumur resapan. Pemilihan material ini dikarenakan pada saat yang bersamaan sedang terjadi pembangunan gedung di Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Banyaknya sampah sisa pembangunan tersebut yang berupa puing bangunan dimanfaatkan sebagai material untuk mengisi sumur resapan. Namun pada tanggal 2 Agustus 2011 terjadi perubahan material pengisi sumur resapan. Perubahan ini dikarenakan pada material pengisi sumur resapan sebelumnya tidak terdapat system penyaringan. Pada pergantian bahan pengisi sumur resapan ditambahkan penyaring alami yang terbuat dari ijuk. Hal ini dapat berfungsi sebagai penyaring aliran air yang akan meresap kedalam tanah.

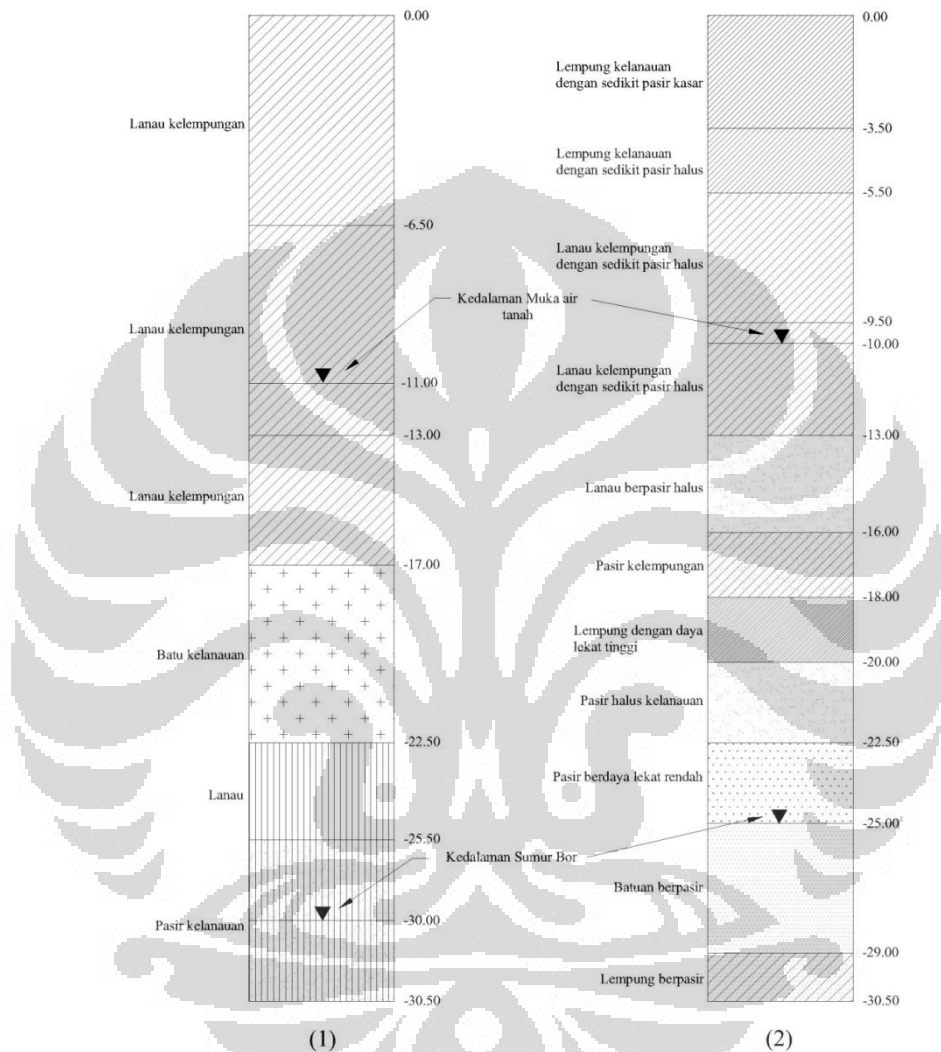


Gambar 4.2 Potongan Sumur Resapan, (A) Sumur Resapan pada tanggal 21 Maret 2011, (B) Sumur Resapan pada tanggal 2 Agustus 2011

Sumber: Olahan sendiri

4.2 Lapisan Tanah

Lapisan tanah yang terdapat pada kedua sumur bor terlihat pada Gambar 4.3 dimana kedua sumur bor tersebut memiliki lapisan tanah yang berbeda. Pada sumur 1 muka air tanah berada



Gambar 4.3 Lapisan Tanah pada Fakultas teknik Universitas Indonesia, (1) Lapisan Tanah pada sumur 1, (2) Lapisan Tanah pada Sumur 2
Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia

pada kedalaman 11 m sedangkan kedalaman sumur bor terletak kedalaman 30 m. pada sumur 2 kedalaman muka air tanah terletak pada kedalaman 10 m dan kedalaman sumur bor terletak pada kedalaman 25 m. Berdasarkan pengujian lapisan tanah di Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia, diperoleh nilai hidrolis konduktivitas sebesar 0.0305 m/d

untuk sumur 1. Tabel 4.1 menunjukkan nilai hidrolik konduktivitas untuk berbagai lapisan tanah.

Tabel 4.1 Nilai Hidrolik Konduktivitas Suatu Lapisan Tanah

| Material | Hidrolik Konduktivitas (m/day) |
|-----------------------|---|
| Kerikil kasar | 150 |
| Kerikil sedang | 270 |
| Kerikil halus | 450 |
| Pasir kasar | 45 |
| Pasir sedang | 12 |
| Pasir halus | 2.5 |
| Lanau | 0.08 |
| Lempung | 0.0002 |
| Batuan berpasir halus | 0.2 |
| Batuan lanau | 21-41 |
| Batuan kapur | 0.94 |

Sumber: Todd, 1980

4.3 Kualitas Air Hujan

Sumber utama air yang masuk kedalam sumur resapan adalah air hujan. Ketika terjadi hujan, air hujan yang jatuh keatap bangunan Gedung Kuliah Bersama K dan Gedung Dekanat dialirkan kedalam sumur resapan dengan menggunakan talang air. Selanjutnya air akan masuk kedalam sumur resapan dan selanjutnya meresap kedalam tanah. Ketika lapisan tanah menjadi jenuh, sumur resapan tidak dapat lagi memasukan air kedalam tanah sehingga air yang berada diatas sumur resapan akan dialirkan ke saluran drainase gedung tersebut. Kualitas air hujan yang masuk kedalam sumur resapan dapat dilihat pada Tabel 4.2. Pengambilan sampel air hujan dilakukan di salah satu talang air Gedung K Fakultas Teknik Universitas Indonesia dengan menunggu selama 30 menit setelah hujan terjadi. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah kotoran yang berada di atap

untuk terbawa sampel. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 82 tahun 2001, air kelas 1 yang diperuntukan untuk air baku air minum, air hujan yang masuk kedalam sumur resapan secara umum memiliki kualitas air baik dan dapat digunakan untuk sumber air baku air minum. Keberadaan Universitas Indonesia yang jauh dari daerah industri merupakan suatu keuntungan untuk menggunakan air hujan sebagai air yang masuk kedalam sumur resapan. Dimana ketika suatu daerah berada dekat dengan daerah industri maka air hujan yang terjadi dikawasan tersebut akan memiliki nilai pH sebesar 3-4 dan mengandung zat sulphur yang berasal dari emisi industri yang terdapat di atmosfer (Freeze & Cherry, 1979)

Tabel 4.2 Kualitas Air Hujan di Fakultas Teknik Universitas Indonesia

| Parameters | Unit | Nilai Air Hujan | Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 (Kelas 1) |
|-------------------|-------------|------------------------|--|
| pH | | 5,78 | 6-9 |
| Fe | mg/l | 0,04 | 0,3 |
| Mn | mg/l | 0,1 | 0,1 |
| Kekeruhan | NTU | 2,04 | - |
| Warna | TCU | 19 | - |
| Cl | mg/l | 0,3 | - |
| TDS | mg/l | 9,2 | 1000 |
| Nitrat | mg/l | 14,9 | 10 |
| Konduktivitas | | 21,4 | - |
| Sulfat | mg/l | 2 | 400 |

Sumber: Olahan sendiri

Penelitian serupa dilakukan pada oleh Sudinda et al (2009) di Gedung Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dengan menguji kualitas air sebelum masuk kedalam sumur resapan. Air yang diujikan berasal dari air buangan/selokan, air condenser AC dan air wudlu. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil dimana air yang berasal dari selokan memiliki kualitas yang berada jauh melebihi PP No 82 tahun 2001, untuk air yang berasal dari condenser AC dan air wudlu masih memiliki kualitas air yang baik sehingga dapat digunakan sebagai pengisi sumur resapan. Jika menggunakan air yang berasal dari selokan yang kotor sebagai pengisi sumur resapan akan memperburuk kualitas air tanah dikawasan tersebut dan butuh pengolahan terlebih dahulu sebelum air

tersebut dimasukkan kedalam sumur resapan. Penelitian lain dilakukan oleh Sang-Ho Moon et al (2011) di Pulau Jeju, Korea. Penelitian ini menggunakan air hujan sebagai sumber air sumur resapan. Kualitas air hujan yang diuji di dominasi oleh Na dan Cl yang berasal dari laut dan SO_4 yang berasal dari polusi udara dari kawasan industri dan pertanian. Pada penelitian ini meningkatnya nilai Cl, Fe serta Na yang berasal dari air hujan dikarenakan kecepatan angin yang tinggi (7,3 – 7,6 m/s) meskipun curah hujan yang terjadi tidak tinggi (6- 17 mm/hari). Tingginya nilai kecepatan angin menyebabkan terjadinya erosi partikel tanah dan berpindahnya partikel garam laut yang menyebabkan meningkatnya parameter tersebut.

4.4 Parameter Kualitas Air Tanah

Hasil pengujian nilai kualitas air tanah diFakultas Teknik Universitas Indonesia didapatkan rata-rata nilai seperti pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Nilai rata-rata kualitas air tanah sampel

| Parameter | Satuan | Sumur 1 | Sumur 2 | Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 (Kelas 1) |
|-----------------|--------|---------|---------|--|
| Fe | mg/l | 0.4 | 0.06 | 0.3 |
| Mn | mg/l | 0.1 | 0.15 | 0.1 |
| Kekeruhan | NTU | 1.6 | 0.6 | - |
| Warna | TCU | 10 | 8.25 | - |
| pH | | 5.4 | 6.13 | 6-9 |
| TDS | mg/l | 33 | 70 | 1000 |
| Cl ⁻ | mg/l | 5.05 | 5.8 | - |

Sumber: Olahan sendiri

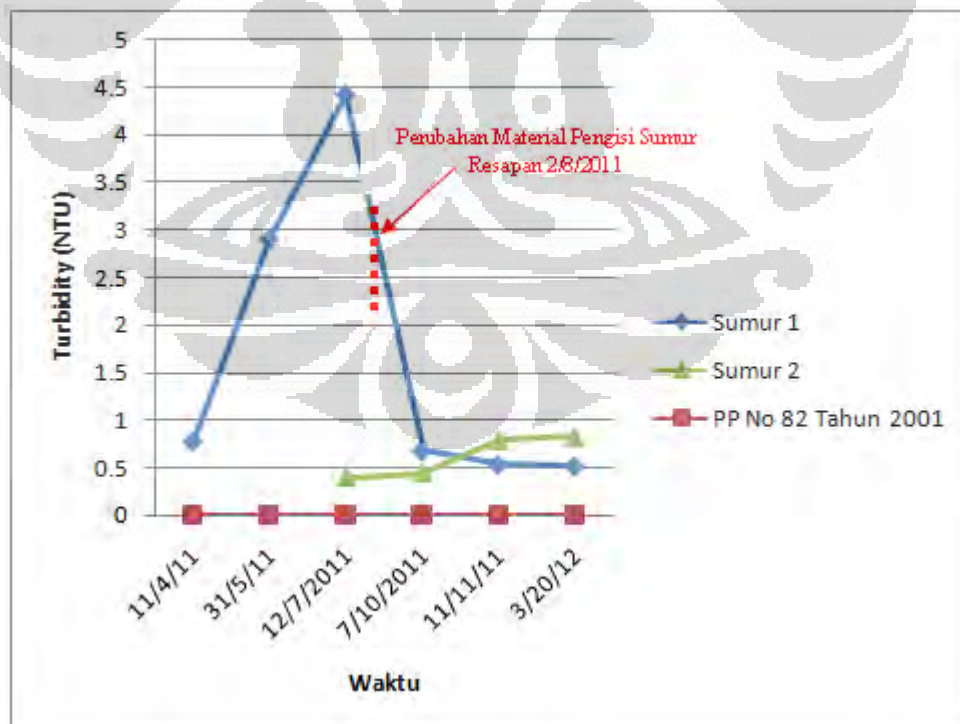
4.4.1 Parameter Kekeruhan dan Warna

Kekeruhan merupakan banyaknya material tersuspensi yang berada didalam air yang dapat menghambat masuknya cahaya sehingga mengganggu jarak pandang (Sawyer at al, 2003). Kekeruhan erat kaitanya dengan keberadaan warna didalam air sebab kekeruhan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan air memiliki nilai warna. Hal tersebut terlihat pada penelitian ini dimana kedua parameter tersebut memiliki hubungan. Pada sumur 1 memiliki nilai rata-rata kekeruhan sebesar 1,63 NTU dan pada sumur 2 memiliki nilai rata-rata sebesar 0,62 NTU. Perubahan nilai kekeruhan dan warna pada sumur 1 terlihat setelah pembuatan sumur resapan. Pada pengujian kualitas air tanah pada tanggal 11 April 2011 hingga 12 Juli 2011 terlihat peningkatan nilai kekeruhan (Gambar 4.4 dan Gambar 4.5). Hal ini diakibatkan oleh pembuatan sumur resapan yang menggunakan material pengisi berupa bongkahan bangunan (Gambar 4.2 (A)). Pada penggunaan lapisan ini rongga-rongga batuan yang terdapat didalam sumur resapan tergerus air hujan yang menyebabkan terbawanya partikel-partikel batuan ke dalam tanah hingga mencapai tingkat kekeruhan dan warna sebesar 4.42 NTU dan 35 TCU. Namun setelah terjadi perubahan material pengisi sumur resapan seperti pada Gambar 4.2 (B) yang terjadi pada tanggal 2 Agustus 2011 secara perlahan nilai kekeruhan dan warna mengalami penurunan hingga mencapai nilai 0.67 NTU dan 12 TCU. Perubahan ini dikarenakan terdapat lapisan penyaring air hujan didalam sumur resapan dimana lapisan tersebut menggunakan ijuk. Dengan adanya lapisan ijuk dapat menahan jumlah partikel yang tergerus air hujan kedalam tanah sehingga tidak masuk kedalam air tanah.

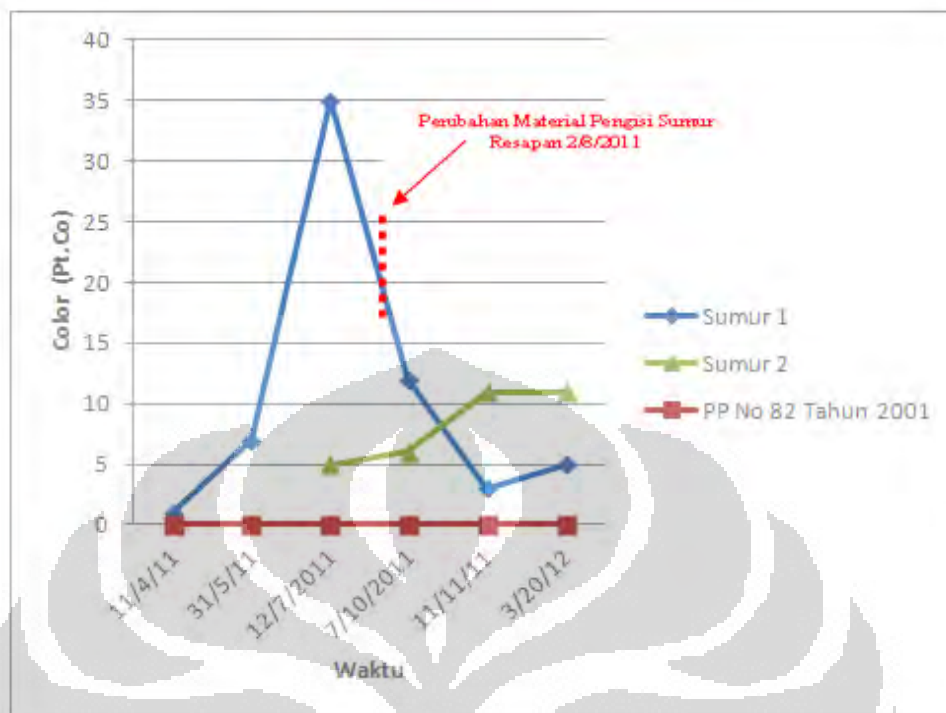
Pada sumur 2 dengan adanya sumur resapan tidak berpengaruh terhadap kualitas air tanah. Nilai kekeruhan dan warna pada sumur 2 tidak terlalu banyak terjadi perubahan. Hal ini dikarenakan karena letak sumur 2 yang berjarak cukup jauh yaitu sebesar ± 25 m dari sumur resapan. Selain itu tidak adanya perubahan tata guna lahan di sekitar kawasan sumur 2 menyebabkan nilai tersebut lebih stabil. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 untuk nilai air kelas 1 tidak boleh mengandung kekeruhan dan warna. Sedangkan berdasarkan PERMENKES No 492 tahun 2010 standar nilai kekeruhan sebesar 5 NTU dan batasan nilai warna sebesar 15 TCU. Jika berdasarkan nilai PERMENKES 492

kualitas air untuk sumur 1 rata-rata sebesar 4.42 NTU masih didalam batas aman sedangkan untuk warna memiliki nilai rata-rata sebesar 35 TCU memiliki kualitas diatas batas aman.

Penelitian yang sama dilakukan oleh Dzwario et al (2006) di kawasan Marondera, Zimbabwe. Dimana tingginya nilai kekeruhan berasal dari lubang galian yang berada dekat dengan sumur. Didalam penelitian tersebut sumber air yang berasal dari sumur yang dekat dengan lubang tersebut mengalami peningkatan nilai kekeruhan. Faktor lain yang mungkin berpengaruh terhadap tingginya nilai kekeruhan dan warna adalah ketika proses pengambilan air tanah yang ditampung kedalam tanki penampungan air. Partikel solid yang terbawa oleh aliran air akan turun dan mengendap ke dasar tanki. Namun ketika terdapat aliran yang masuk kedalam tanki tersebut partikel yang sebelumnya mengendap akan dan akan bercampur dengan partikel solid yang terbawa oleh aliran yang baru dan membutuhkan waktu untuk mengalami pengendapan kembali. Tingginya nilai kekeruhan terjadi ketika pengambilan sampel dilakukan pada kondisi partikel solid didalam tanki belum mengalami pengendapan seluruhnya seperti yang terjadi pada penelitian Al-Khaatib dan Arafet (2009)



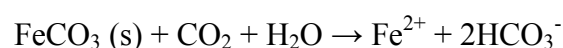
Gambar 4.4 Variasi nilai kekeruhan terhadap waktu
Sumber: Olahan sendiri



Gambar 4.5 Variasi nilai warna terhadap waktu
Sumber: Olahan sendiri

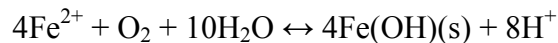
4.4.2 Parameter Besi (Fe) dan Mangan (Mn)

Besi hadir di dalam tanah dan mineral dalam bentuk ferric oksida yang tidak dapat larut dan besi sulfida (pyrite). Terkadang pada suatu daerah tertentu hadir dalam bentuk ferrous karbonat (siderit) yang sangat sedikit terlarut. Air tanah yang mengandung sejumlah karbon dioksida yang berasal dari oksidasi bakteri terhadap material organik dan mengalami kontak dengan air yang masuk, dalam kondisi ini karbon dioksida tidak dapat terlepas bebas ke dalam atmosfer. Karbon dioksida merupakan hasil akhir dari oksidasi bakteri baik secara aerob maupun anaerob sehingga konsentrasinya terbatas terhadap jumlah oksigen terlarut. Karena karbon dioksida hadir didalam air tanah dan terdapat cukup besar kandungan besi karbonat sehingga akan terlarut oleh reaksi berikut:



Pada umumnya besi hadir dalam tanah dalam bentuk senyawa besi terlarut. Pemutusan ikatan besi tidak dapat terjadi selama hadirnya oksigen terlarut. Pada

kondisi anaerobic, ferric iron tereduksi dalam bentuk frous iron dan dapat terjadi tanpa hambatan (Sawyer et al, 2003). Menurut Stumm & Morgan (1996), reaksi oksidasi dari ion besi II (Ferous iron / (Fe(II)) dan oksigen terlarut didalam kondisi asam, sebagai berikut :

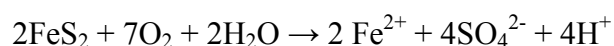


Sehingga semakin banyaknya oksigen yang masuk kedalam tanah maka akan semakin banyak $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$ yang terbentuk.

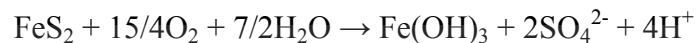
Berdasarkan PERMENKES No 492 Tahun 2010 syarat nilai Fe untuk air minum sebesar 0,3 mg/l. sedangkan berdasarkan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 untuk air kelas 1, batasan nilai untuk Fe sebesar 0.3 mg/l. Pada penelitian ini didapatkan nilai rata-rata Fe untuk sumur 1 sebesar 0,4 mg/l dengan nilai maksimum mencapai 1,15 pada tanggal 12 Juli 2011 sedangkan pada sumur 2 nilai rata-rata Fe sebesar 0,06 mg/l dan maksimum sebesar 0.11 mg/l pada tanggal 9 November 2011.

Peningkatan nilai Fe di sumur 1 pada tanggal 31 Mei 2011 terjadi dikarenakan reaksi aerobik maupun anaerobik yang terjadi didalam sumur resapan maupun didalam lapisan tanah (Gambar 4.6). Reaksi-reaksi tersebut mengakibatkan terbentuknya CO_2 yang terjebak didalam rongga-rongga butiran tanah dan bereaksi dengan H_2O sehingga membentuk Fe^{2+} . Tingginya nilai Fe^{2+} yang tidak diimbangi dengan reaksi oksidasi didalam tanah akan mengurangi jumlah $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$ yang terbentuk. Sehingga akan meningkatkan nilai Fe^{2+} yang terbentuk. Ketika terjadi perubahan material sumur resapan, reaksi organik dan anorganik didalam sumur resapan berkurang sehingga oksigen yang terdapat didalam H_2O bereaksi dengan Fe^{2+} sehingga membentuk Fe^{3+} . Sehingga dalam rentang waktu yang cukup lama nilai Fe^{2+} semakin menurun akibat reaksi oksidasi yang terjadi didalam sumur resapan dan didalam tanah.

Meningkatnya nilai Fe dapat juga terjadi ketika sejumlah air yang mengandung oksigen diinjeksikan kedalam air tanah. Hal ini dikarenakan oksigen digunakan untuk reaksi oksidasi besi sulfida yang tak larut (FeS_2) (Sawyer et al, 2003) seperti pada reaksi dibawah ini



Penelitian mengenai hal tersebut dilakukan oleh Miotliriski et al (2012) di Eropa. Didalam penelitian ini didapatkan peningkatan nilai sulfat dan besi akibat banjir yang terjadi dikawasan tersebut. Akibat banjir tersebut terjadi oksidasi pyrite yang terjadi akibat eksploitasi air tanah dan penurunan muka air tanah. Pyrite teroksidasi dengan berkurangnya nilai oksigen dan proses oksidasi sulphur dan besi



Ketika kehadiran penerima elektron tidak cukup terjadi hanyalah oksida sulphur

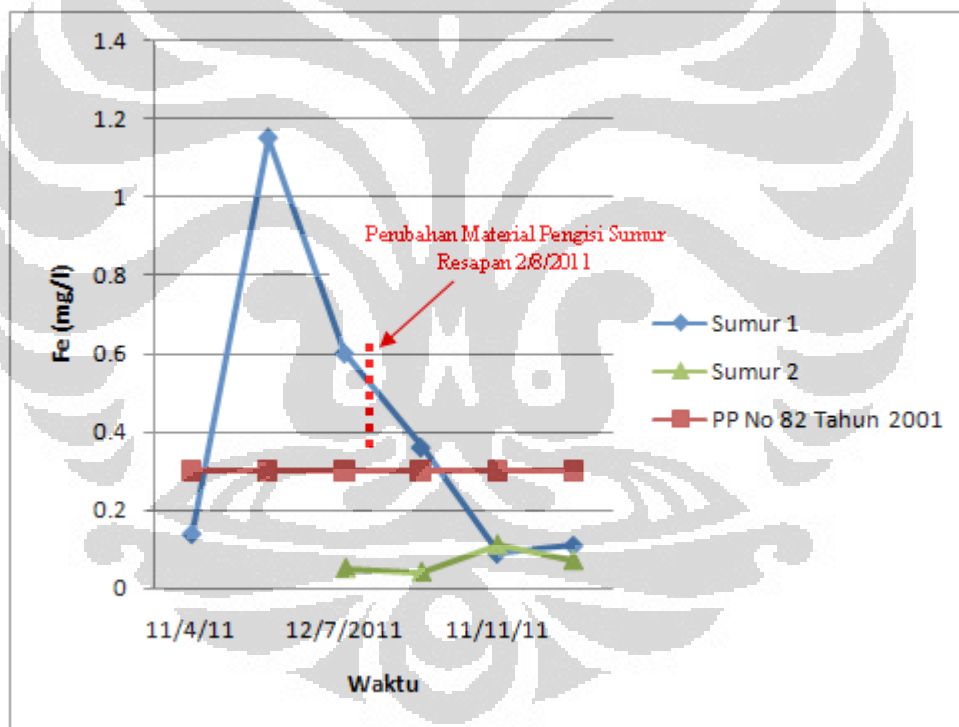


Berdasarkan reaksi tersebut, terbentuklah Fe dan SO_4 . Penelitian mengenai menurunnya nilai besi pernah dilakukan oleh Appelo et al (1999). Penelitian ini dengan cara memasukan air yang mengandung oksigen kedalam sumur yang memiliki nilai Fe cukup besar. Selanjutnya, proses oksidasi yang melibatkan besi II terlarut dengan oksigen terjadi dan akan membentuk ion Ferric yang bersifat sangat tidak larut (insoluble) dan akan mengendap. Endapan tersebut dapat menyerap Fe^{2+} sehingga dapat mengurangi kandungan Fe^{2+} didalam air tanah.

Mn hadir di dalam tanah dalam biasanya dalam bentuk mangan dioksida yang sangat susah larut didalam air yang mengandung karbon dioksida. Dalam kondisi anaerobik, mangan dalam bentuk dioksida tereduksi dari mangan IV menjadi II dan terjadi reaksi seperti ferro oxides (Sawyer et al, 2003). Pada penelitian ini didapatkan nilai mangan untuk sumur 1 rata-rata sebesar 0,18 mg/l dan untuk sumur 2 rata-rata sebesar 0,15 mg/l. Rentang nilai dari kedua sumur tersebut antara 0,1-0,2 mg/l (Gambar 4.7). Standard nilai Mn berdasarkan PERMENKES No 492 Tahun 2010 sebesar 0,4 mg/l. Nilai Mn lebih stabil jika dibandingkan dengan nilai Fe pada kedua sumur, hal tersebut dikarenakan konsentrasi Mn yang ada didalam tanah lebih rendah jika dibandingkan dengan Fe dimana keberadaan besi terlarut (dissolved iron) lebih banyak terdapat didalam akuifer (McBride, 1994). Kestabilan ini dapat terlihat pada Gambar 4.7 dimana nilai Mn untuk kedua sumur tidak terlalu banyak perubahan. Menurut McBride (1994) ketika air yang mengandung oksigen masuk kedalam tanah maka

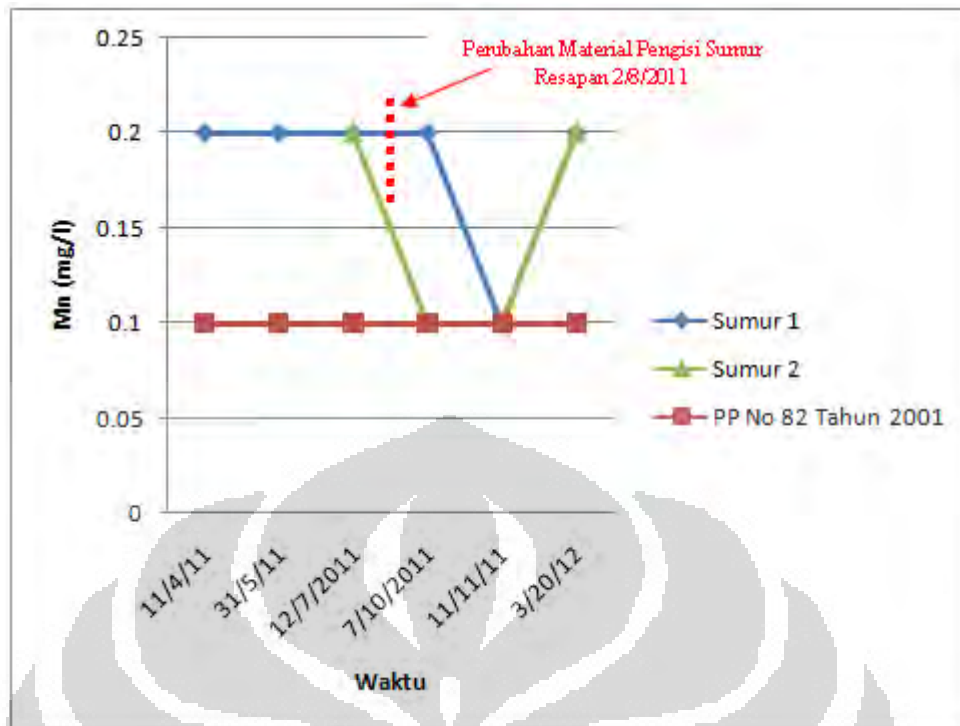
cenderung untuk lebih bereaksi dengan Fe jika dibandingkan dengan Mn. Hal ini dapat terlihat dimana nilai besi lebih dominan untuk mengalami perubahan jika dibandingkan dengan Mn (Gambar 4.6 dan Gambar 4.7).

Penelitian mengenai perubahan nilai Mn dilakukan oleh Gi-Tak et al (2008) di Seoul, Korea. Pada penelitian tersebut memodelkan reaksi geokimia antara Mn dan Fe dimana kedua zat tersebut tidak dapat meningkat didalam kondisi teroksidasi. Tetapi reaksi tersebut dapat dipicu dengan kehadiran senyawa organik yang masuk bersamaan dengan aliran air. Namun Vandenbohede et al (2009) bertolak belakang dengan hal tersebut. Dimana menurut mereka dengan meningkatnya oksidasi mineral Fe maka akan meningkatkan oksidasi Mn yang menghasilkan peningkatan nilai Mn.



Gambar 4.6 Variasi nilai Fe terhadap waktu

Sumber: Olahan sendiri



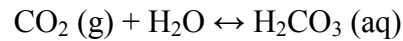
Gambar 4.7 Variasi nilai Mn terhadap waktu
Sumber: Olahan sendiri

4.4.3 Parameter pH

pH merupakan angka yang digunakan untuk menunjukkan intensitas asam dan basa dalam sebuah larutan. Dimana pH selalu dikaitkan dengan aktivitas ion hydrogen atau juga intensitas asam basa (Sawyer et al, 2003). Pada penelitian ini didapatkan nilai rata-rata pH untuk sumur 1 sebesar 5,45 sedangkan pada sumur 2 sebesar 6,13. Pada sumur 1 terjadi penurunan nilai pH hingga mencapai nilai 5 pada tanggal 12 Juli 2011 (Gambar 4.8). Penurunan nilai ini dimungkinkan karena pada saat pembuatan sumur resapan kestabilan material pengisi sumur resapan belum terjadi sehingga menyebabkan terjadinya penurunan nilai pH. Kondisi yang tidak stabil ini menyebabkan reaksi aerob dan anaerob yang terjadi didalam tidak sempurna sehingga menghasilkan kandungan CO_2 yang sedikit. Kemungkinan lain yang mungkin terjadi CO_2 hasil dari reaksi yang terjadi terlepas ke udara bebas dikarenakan terdapat banyak rongga antara material pengisi sumur resapan.

Menurut Freeze & Cherry (1979), banyaknya CO_2 didalam tanah dapat mempengaruhi keasaman air tanah sebab CO_2 yang mengalami kontak dengan air

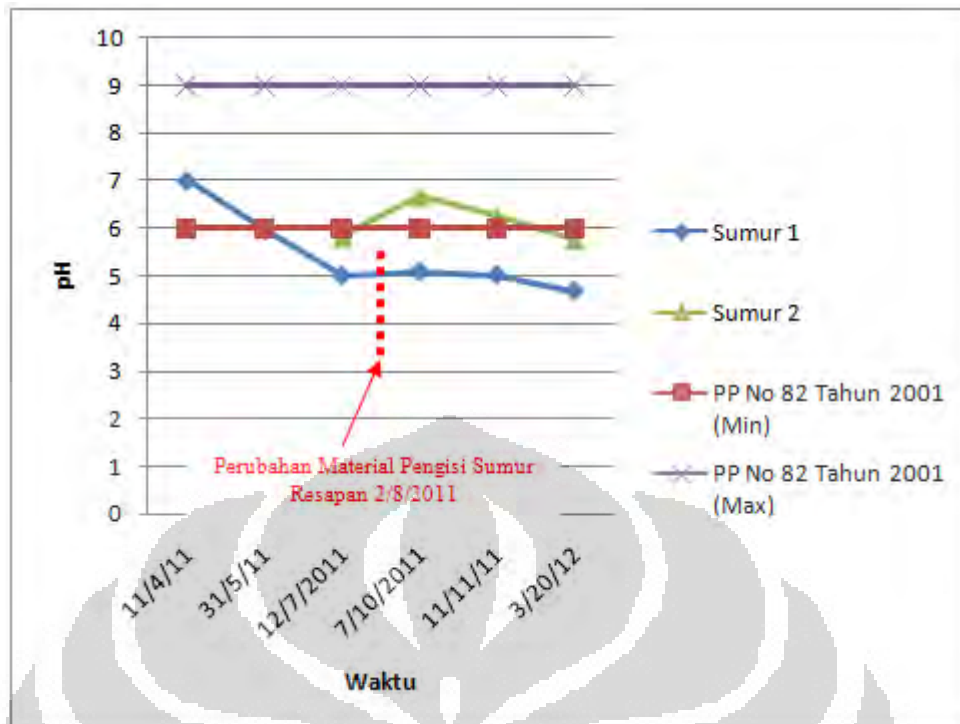
akan membentuk H_2CO_3 yang menyebabkan air tanah menjadi asam, seperti reaksi berikut :



H_2CO_3 merupakan asam yang banyak terdapat didalam air tanah alami maupun yang telah mengalami kontaminasi. Kestabilan terjadi ketika material pengisi sumur resapan mengalami pergantian seperti pada Gambar 4.2(B). Kerapatan pada material sumur resapan mulai terjadi sehingga mengurangi kemungkinan CO_2 untuk dapat lepas ke atmosfir dan membuat air menjadi asam.

Meningkatnya nilai pH dapat juga terjadi dikarenakan banyaknya jumlah air yang masuk kedalam lapisan tanah. Sebab dengan adanya sumur resapan, menyebabkan banyaknya tampungan air hujan yang akan masuk kedalam tanah sehingga menyebabkan dilusi atau pengenceran asam yang terjadi didalam tanah. Jika dibandingkan dengan sumur 2 dimana tidak terdapat sumur resapan, kestabilan pH terlihat jelas (Gambar 4.8). pada sumur 2 nilai pH terlihat sabil jika dibandingkan dengan nilai pH pada sumur 1.

Penelitian serupa dilakukan oleh Dzwauro et al (2006), dimana penelitian tersebut dilakukan di Negara Zimbabwe. Pada penelitian tersebut, terjadi peningkatan nilai pH pada awal pecobaan lalu mengalami penurunan. Peningkatan nilai pH tersebut berasal dari keberadaan ammonium nitrogen, dimana senyawa tersebut membuat lingkungan menjadi basa dan dapat meningkatkan nilai pH. Penurunan nilai berlangsung ketika terjadi penurunan nilai nitrogen yang mengakibatkan menurunnya nilai pH.



Gambar 4.8 Variasi nilai pH terhadap waktu
Sumber: Olahan sendiri

Penelitian lain terjadi di Rajastan, India. Penelitian ini dilakukan oleh Stiefel et al (2009) untuk mengetahui pengaruh sumur resapan terhadap kualitas air tanah. Hasil dari penelitian tersebut terjadi peningkatan nilai pH. Meningkatnya nilai pH dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, meningkatnya nilai alkalinitas, keberadaan karbon dioksida, disolusi mineral karbonat, keberadaan senyawa boron, silica, H_2S dan asam organik. Meningkatnya nilai pH ini berasal dari asam organik. Hal ini terjadi dikarenakan terbentuknya lapisan sedimen yang berasal dari akumulasi erosi lapisan tanah yang terbawa ketika musim hujan kedalam sumur resapan.

Berdasarkan PERMENKES No 492 Tahun 2010, rentang nilai pH yang diizinkan sebagai air minum sebesar 6,5-8,5. Sedangkan berdasarkan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 untuk kelas air 1 batasan nilai pH yang diperbolehkan sebesar 6-9. Nilai pH untuk sumur 1 berada dibawah standar tersebut dan tidak layak untuk dikonsumsi langsung sedangkan untuk sumur 2 berada di dalam standar sehingga dapat digunakan untuk kebutuhan air minum.

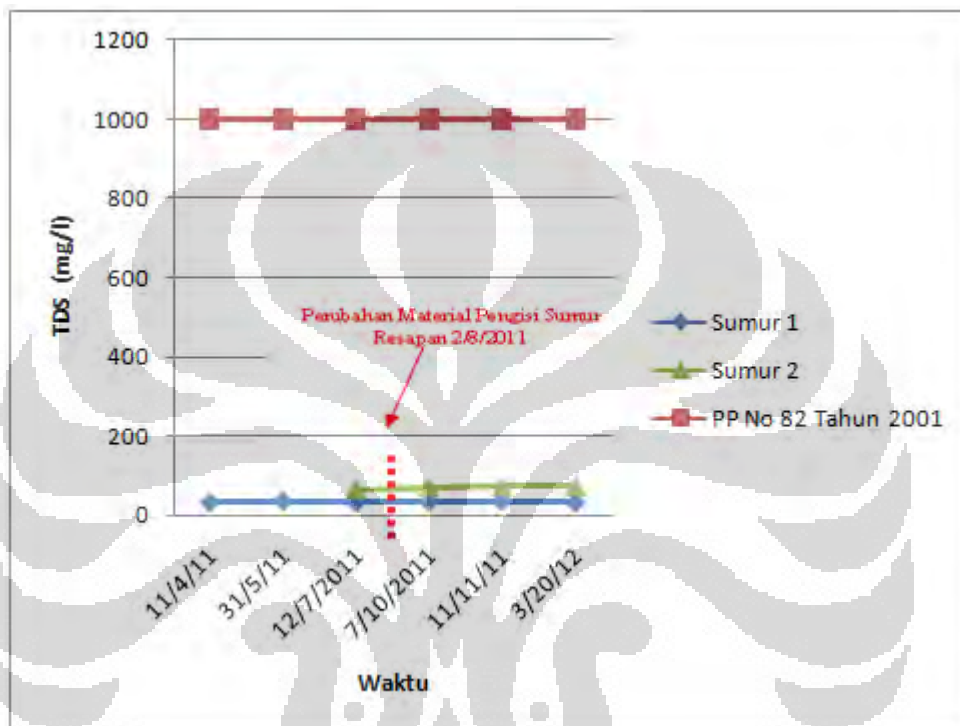
4.4.4 Parameter TDS

Total Dissolved Solid (TDS) merupakan material yang terdapat didalam air yang dapat melewati filter dengan diameter 2 mikrometer atau lebih kecil (Sawyer et al, 2003). Pada penelitian ini, nilai TDS pada sumur 1 memiliki nilai rata-rata sebesar 33 mg/l dan pada sumur 2 memiliki nilai rata-rata sebesar 70 mg/l. Menurut Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 batasan nilai TDS untuk air kelas 1 adalah sebesar 1000 mg/l sehingga berdasarkan hal tersebut nilai TDS dari kedua sumur tersebut masih didalam batas aman. Pada Gambar 4.9 terlihat nilai TDS pada sumur 1 lebih kecil jika dibandingkan dengan sumur 2. Menurut Currell et al (2010) umur suatu sumur mempengaruhi beberapa parameter kualitas air salah satu nya adalah TDS. Sumur dalam mempunyai nilai TDS yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sumur dangkal. Disamping itu sumur yang telah lama dibangun memiliki kandungan TDS yang lebih rendah pula. Hal ini seperti yang terjadi pada sumur 1, dimana pada sumur 1 telah dibangun sejak berdirinya Fakultas Teknik Universitas Indonesia sedangkan pada sumur 2 baru dibangun pada tahun 2008. Hal ini menyebabkan nilai TDS pada sumur 1 lebih kecil jika dibandingkan dengan sumur 2, sebab pada sumur 1 material terlarut yang berada didalam lapisan tanah sudah berkurang selama banyaknya pengambilan air yang terjadi setelah pembuatan sumur. Sedangkan pada sumur , material terlarut didalam lapisan tanah masih belum stabil. Sehingga nilai TDS pada sumur 2 lebih besar jika dibandingkan dengan sumur 1.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Alhumoud et al (2010), nilai TDS memiliki hubungan yang negatif dengan bikarbonat (HCO_3) dimana ketika nilai TDS meningkat maka akan menurunkan nilai HCO_3 dan sebaliknya. Banyaknya air yang masuk kedalam tanah dan bereaksi dengan CO_2 akan meningkatkan jumlah bikarbonat di dalam tanah. Dengan bertambahnya HCO_3 ketika bereaksi dengan suatu unsur seperti Fe^{2+} maka akan terbentuk FeCO_3 yang dapat menyebabkan meningkatnya nilai TDS.

Penelitian yang dilakukan oleh Vandenbohede (2009) mengenai kualitas air tanah akibat sumur resapan di Belgia Barat, mendapatkan hasil dimana nilai TDS air ekstraksi / air yang disadap dari sumur resapan secara bertahap mengalami penurunan. Didalam penelitian tersebut didapatkan data dimana TDS

yang berasal dari sumur dalam memiliki nilai TDS lebih kecil jika dibandingkan dengan yang berasal dari sumur dangkal. Meningkatnya nilai TDS dapat berasal dari laju pengisian (recharge rate) yang rendah. Disamping itu dapat juga berasal dari kombinasi evaporasi dan disolusi mineral yang terjadi sepanjang aliran air tanah (Currell et al, 2010).



Gambar 4.9 Variasi nilai TDS terhadap waktu
Sumber: Olahan sendiri

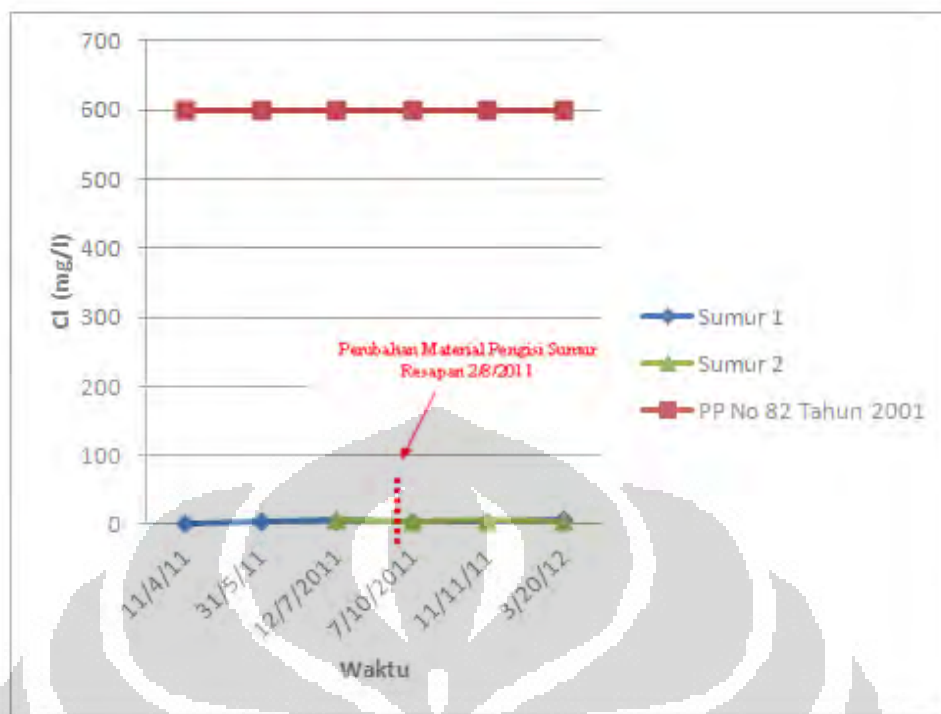
4.4.5 Parameter Klorida

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 batasan nilai klorida untuk air kelas 1 sebesar 600 mg/l. Pada penelitian ini didapatkan nilai rata-rata klorida pada sumur 1 sebesar 5 mg/l dan pada sumur 2 mencapai 5,8 mg/l. Keduanya masih didalam batas aman untuk nilai klorida. Menurut Freeze dan Cherry (1979) pada lapisan tanah seperti Batu kelanauan (Siltstone) terdapat sejumlah klorida yang berasal dari evaporasi selama ratusan tahun yang lalu seperti *halite* (terdiri dari NaCl) dan *silvite* (KCl) yang terjebak didalam lapisan tanah. Kedua lapisan ini yang dapat menyebabkan munculnya nilai klorida didalam suatu lapisan tanah. Pada sumur 1 terdapat lapisan batu kelanauan yang dapat menyebabkan meningkatnya nilai klorida ketika pengukuran. Dimana Cl⁻

bergerak melewati celah antar batuan sehingga terbawa ketika pengambilan sampel.

Sejak pengukuran awal tanggal 11 April 2011 nilai klorida pada sumur 1 mengalami peningkatan nilai Cl^- . Hal tersebut terjadi mengingat pada sumur kedalaman sumur mencapai 30 meter dimana melewati lapisan batu kelanauan (*siltstone*) sehingga memungkinkan terjadinya peningkatan nilai Cl^- . Sedangkan kedalaman pada sumur 2 mencapai 25 meter dimana terletak pada lapisan *sandstone* sehingga tidak terlalu mempengaruhi nilai Cl^- . Peningkatan nilai Cl^- terjadi pada pengukuran pertama hingga ketiga dimana menggunakan lapisan seperti pada Gambar 4.2 (A). Hal ini membuat ion H^+ yang berasal dari H_2O lebih bereaksi dengan anion lain seperti HCO_3^- sehingga kation H^+ yang bereaksi dengan anion Cl^- menjadi berkurang dan klorida menyebabkan masih dalam bentuk Cl^- . Namun setelah terjadi perubahan material pengisi sumur resapan hal tersebut tidak terjadi dimana H^+ cenderung bereaksi dengan Cl^- . Penelitian mengenai meningkatnya nilai Cl^- juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Vandenbohede et al (2009). Pada penelitian mengenai kualitas air tanah akibat sumur resapan ini didapatkan informasi berupa peningkatan nilai Cl^- yang terjadi di dalam sumur dalam lebih tinggi jika dibandingkan dengan sumur dangkal. Menurut Freeze dan Cheryl (1979) pada sumur dalam banyak terdapat mineral yang hadir dikarenakan tidak adanya pengisian air didalam lapisan tersebut sehingga lapisan tersebut kaya akan Cl^- dan TDS.

Kemungkinan lain didalam pengukuran parameter klorida ini bahwa belum terlihat pengaruhnya keberadaan sumur resapan. Data yang didapatkan masih belum bisa mewakili pengukuran nilai klorida. Dimana untuk mengetahui pengaruh sumur resapan terhadap parameter klorida memerlukan waktu yang lebih lama. Penelitian yang dilakukan oleh Vandenbohede et al (2000) memerlukan waktu selama 6 tahun untuk mengetahui pengaruh sumur resapan terhadap nilai klorida.



Gambar 4.10 Variasi nilai klorida terhadap waktu
Sumber: Olahan sendiri

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil serta pembahasan didalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

1. Sumber air yang berasal dari sumur 1 memiliki kualitas rata-rata untuk Fe sebesar 0.4 mg/l, Mn sebesar 0.18 mg/l, pH sebesar 5.45, kekeruhan sebesar 1.6 NTU, warna sebesar 10.5 TCU, Cl sebesar 5 mg.l, dan TDS sebesar 33.3 mg/l. Sedangkan untuk sumur 2 memiliki rata-rata kualitas air untuk Fe sebesar 0.0675 mg/l, Mn sebesar 0.15 mg/l, pH sebesar 6.13, kekeruhan sebesar 0.617 NTU, warna sebesar 8.25 TCU, Cl sebesar 5.8 mg/l dan TDS sebesar 70.35 mg/l. Berdasarkan penelitian ini keberadaan sumur resapan di Fakultas Teknik tidak memiliki pengaruh terhadap sumber air yang berada di Gedung S Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang berjarak ± 25 m.
2. Sumur resapan yang berada di kawasan Fakultas Teknik Universitas Indonesia memiliki pengaruh terhadap beberapa parameter fisik dan kimia air tanah di sekitar sumber air yang dekat dengan sumur resapan . Parameter tersebut antara lain seperti perubahan nilai seperti nilai Fe yang awalnya sebesar 0.14 mg/l menjadi 1.15 mg/l dan turun hingga 0.11 mg/l, nilai pH mengalami penurunan dari 7 hingga 4.68, kekeruhan dari nilai awal 0.77 meningkat menjadi 4.42 NTU dan turun kembali menjadi 0.51 NTU dan nilai warna dimana pada awalnya memiliki nilai 1 TCU meningkat hingga 35 TCU dan turun kembali menjadi 5 TCU. Perubahan-perubahan tersebut terjadi dikarenakan perubahan material pengisi sumur resapan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil serta pembahasan didalam penelitian ini, saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Material pengisi sumur resapan sebaiknya menggunakan lapisan penyaring seperti ijuk sehingga air yang masuk kedalam tanah mengalami proses penyaringan.
2. Perlunya memiliki data awal kualitas air tanah sebagai pembanding ketika melakukan pengukuran
3. Diperlukanya data seperti kondisi geologis daerah yang akan diteliti seperti kadungan kimia pada lapisan tanah serta memiliki peta hidrogeologi sehingga mengetahui aliran air tanah dikawasan tersebut.
4. Diperlukanya pengamatan secara terus menerus untuk mengetahui hasil perubahan terhadap kualitas air tanah.
5. Pada periode awal pembuatan sumur resapan akan menimbulkan peningkatan nilai parameter fisik air tanah seperti kekeruhan dan warna. Namun setelah 6 bulan pembuatan sumur resapan maka kondisi tersebut akan kembali normal kembali.

DAFTAR PUSTAKA

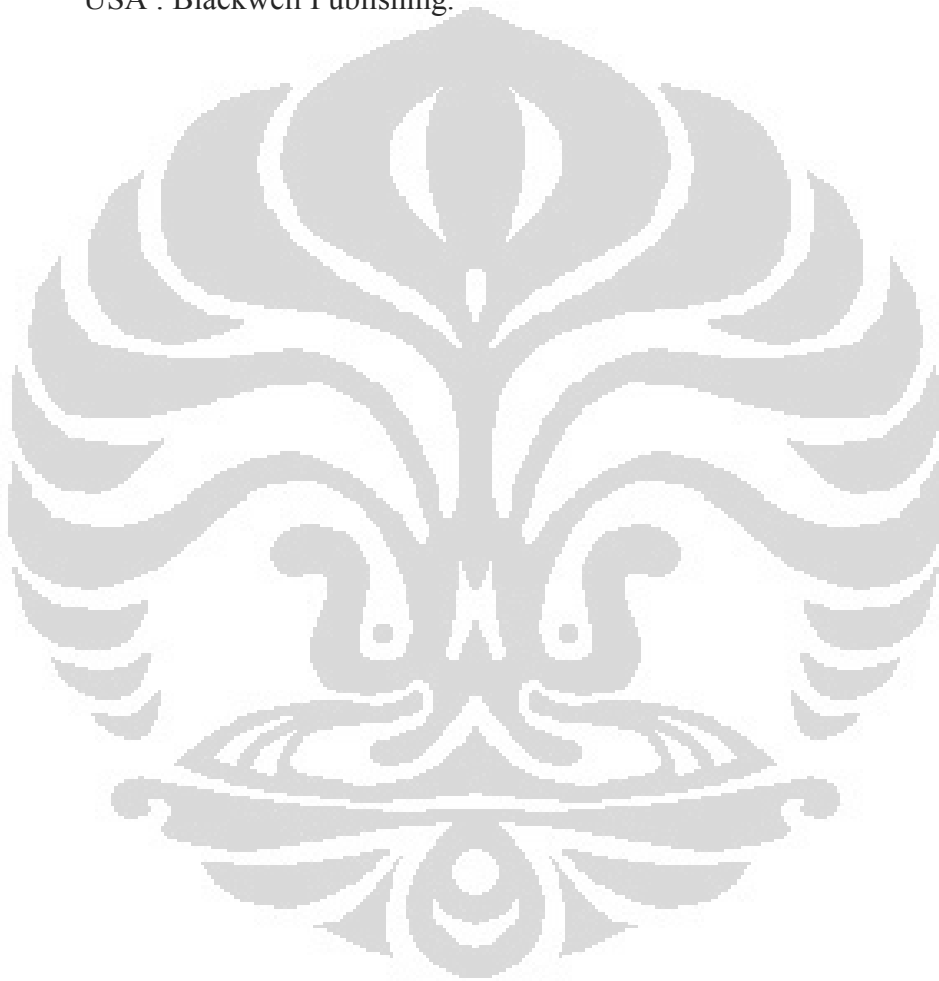
- Alhumoud, J.M et.al. (2010). Groundwater quality analysis of limestone aquifer of Al-Sulaibiya field, Kuwait. *ELSEVIER*, 58-67
- Al-Khatib, I.A., & Arafat, H.A. (2010). Chemistry and microbiological quality of desalinated water, groundwater and rain-fed cisterns in the Gaza strio, Palestine. *ELSEVIER*, 1165-1170
- Appelo, C.A. et.al. (1999). Modeling in situ removal from Groundwater. 811-817
- Chin, David A. (2006). *Water-Quality Engineering in Natural System*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- Gi-Tak Chae. et. al. (2008). Hydrochemistry of urban groundwater, Seoul, Korea : The Impact of subway tunnels on groundwater quality. *ELSEVIER*. 42-52.
- Currell, M.J. et.al. (2010). Recharge history and control on groundwater quality in the Yuncheng Basin north China. *ELSEVIER*. 216-229.
- Dzwario, B.Zvikomborero et.al. (2006). Assesement of the impact of pit latrines on groundwater quality in rural areas: A case study from Marondera district, Zimbabwe. *ELSEVIER*, 779-788.
- Freeze, R.a. & Cherry, J.A. (1979). *GROUNDWATER*. New Jersey: Pretice-Hall, Inc.
- Hasan, Javed. (n.d.). *Improvement in Ground Water Quality Using Rainwater HarvestingSystem in Dwarka Subcity, New Delhi*.
- Heather & Levario, Kinkade. (2007). *Design fo Water (Rainwater Harvesting, Stormwater Catchment and Alternative Water Reuse)*. Canada : New Society Publisher.
- Kodoatie, Robert. J & Sjarief, Roestam. (2010) . *Tata Ruang Air*. Yogyakarta : Andi.

- Lehr, Jay H & Keeley, Jack . (2005). *Water Encyclopedia Ground Water*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- McBride, M. B. (1994). *ENVIRONMENTAL CHEMISTRY OF SOIL*. New York: Oxford University Press, Inc.
- Miotlinski, K et. al. (2012). Valiable infiltration and river flooding resulting in changing groundwater quality – A case study from Central Europe. *ELSEVIER.*, 211-219.
- National Academic Press. (1994). *Ground Water Recharge Using Water of Impaired Quality*. Washington, D.C : Author.
- National Academic Press. (2001). *Prospects for Managed Underground Storage of Recoverable Water*. Washington, D.C : Author.
- Patel ,A.S & Shah, D.L .(2008). *Water Management Conservation, Harvesting and Artificial Recharge*. New Delhi : New Age International (P) Limited.
- Sang-Ho Moon. Et.al. (2011). Quality of harvested rainwater in artificial recharge site on Jeju volcanic Island, Korea. *Journal of Hydrology*.
- Sawyer, C.N., McCarty, P. L. & Parkin, G. F. (2003). *Chemistry of Environmental Engineering and Science*. New York: McGraw-Hill Education.
- Stiefel, Melesse, et al.,ed. (2009). Effect of rainwater-harvesting-induced artificial recharge on the groundwater of wells in Rajasthan, India. *Journal of Hydrogeology*, 17,2061-2073.
- Stum, W., & Morgan, J.J. (1996). *Aquatic Chemistry*. New York: John Wiley & Sons, Inc
- Sudinda, T. W et.al. (2009). Study and Aplication of Artificial Recharge to overcome Flood and Dryness. *Proceeding of Artificial Recharge Technology to overcome Flood and Dryness*, (pp. 8-53). Jakarta
- Sugiyono. (2006). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung : CV ALFABETA

Todd, David Keith & Mays, Larry W. (2005). *Groundwater Hydrology* (3rd ed).
United States of America : John Wiley & Sonc, Inc.

Vandenbohede, A. et.al. (2009). Water quality changes in the dunes of western
Belgian coastal plain due to artificial recharge of tertiary treated
wastewater. *ELSEVIER*, 370-382.

Younger, Paul L. (2006). *Groundwater in the Environment : an introduction*.
USA : Blackwell Publishing.



LAMPIRAN 1
DOKUMENTASI PENELITIAN

| Lokasi Pengambilan Sampel Air Tanah | |
|---|--|
|  |  |
| Air Kran Wudhu | Air Kran Gedung S lantai 1 |
| Foto Lokasi Sumber Air | |
|  |  |
| Sumur 1 | Sumur 2 |

LAMPIRAN 2
DATA HASIL PENGUJIAN SAMPEL AIR

Data kualitas air tanah untuk sumur 1

| Parameter | Satuan | 11 April 2011 | 31 Mei 2011 | 12 Juli 2011 | 7 Oktober 2011 | 11 November 2011 | 20 Maret 2012 |
|------------------|---------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Fe | mg/l | 0.14 | 1.15 | 0.6 | 0.36 | 0.09 | 0.11 |
| Mn | mg/l | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.2 |
| pH | | 7 | 5.95 | 5 | 5.09 | 5.02 | 4.68 |
| Kekeruhan | NTU | 0.77 | 2.9 | 4.42 | 0.67 | 0.53 | 0.51 |
| Warna | TCU | 1 | 7 | 35 | 12 | 3 | 5 |
| Cl | mg/l | 1.5 | 5.6 | 6.4 | 4.4 | 4.3 | 8.13 |
| TDS | mg/l | 31.6 | 35 | 31.9 | 33.7 | 35.4 | 32 |

Data kualitas air tanah untuk sumur 2

| Parameter | Satuan | 11 April 2011 | 31 Mei 2011 | 12 Juli 2011 | 7 Oktober 2011 | 11 November 2011 | 20 Maret 2012 |
|------------------|---------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Fe | mg/l | - | - | 0.05 | 0.04 | 0.11 | 0.07 |
| Mn | mg/l | - | - | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| pH | | - | - | 5.83 | 6.67 | 6.26 | 5.76 |
| Kekeruhan | NTU | - | - | 0.4 | 0.45 | 0.79 | 0.83 |
| Warna | TCU | - | - | 5 | 6 | 11 | 11 |
| Cl | mg/l | - | - | 7.7 | 4.5 | 5.7 | 5.4 |
| TDS | mg/l | - | - | 66.1 | 70.9 | 71.6 | 72.8 |