

TA/TL/2015/0557

## **TUGAS AKHIR**

### **PERENCANAAN SISTEM PEMANENAN AIR HUJAN (*RAINWATER HARVESTING*) DI FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



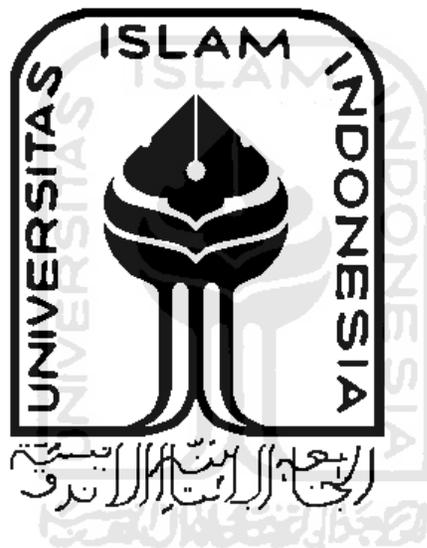
**MUHAMMAD SHALEHIN (11513032)**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2015**

## **TUGAS AKHIR**

### **PERENCANAAN SISTEM PEMANENAN AIR HUJAN (RAINWATER HARVESTING) DI FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



**MUHAMMAD SHALEHIN (11513032)**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2015**





## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Segala puji bagi Allah SWT, yang telah menciptakan alam semesta beserta isinya. Shalawat serta salam tak lupa penulis junjungkan kepada Rasulullah Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabatnya, serta orang-orang yang mengikuti jejak mereka hingga akhir zaman. *Alhamdulillah* atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul **“Perencanaan Sistem Pemanenan Air Hujan (*Rainwater Harvesting*) Di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia”**.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis tidak terlepas dari motivasi, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapakku tercinta Bapak Zainal Arifin dan Ibuku yang selalu setia mendoakan Arbainah, serta keluarga yang senantiasa mendukung dan mendoakan kesuksesan dan kelancaran studi penulis.
2. Bapak Hudori ST MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, yang telah banyak memberikan inspirasi, ilmu dan pegalamannya.
3. Ibu Any Juliani, ST., M.SC (Res.Eng), selaku Dosen Pembimbing saya, terima kasih atas bimbingan dan arahnya selama penyusunan tugas akhir ini.



## **ABSTRACT**

*Water is the most requirement for life. The selection of rainwater as an alternative very relevant for the source of reserve clean water, or as an daily use. At this time in Islamic University of Indonesia (UII), rain water only flowed into the drainage channel and infiltration well. Because of that, its necessary to use rainwater as an effort to conserve water. Rainwater harvesting is one of beneficial methods, where rainwater harvested can be used for daily use, so it can reduce the need for water taps which are relatively expensive and the quality of the water taps is not good enough cause its from underground..*

*Planning to do is harness the potential of rainwater as an alternative source of clean water reserves for water needs in the Faculty of Civil Engineering and Planning (FTSP).. The study of the hydrological aspects, especially the probability of rainfall maximum occurrence, rainfall water quality analysis, catchment area and observations as the basis on Designing Rainwater Harvesting (RWH) system. This RWH system that utilized rainwater has great potential to meet the needs of clean water, in UII environment rainwater can be used for more or less 1598,40 m<sup>3</sup>, and for FTSP rainwater can be used more or less is 177 m<sup>3</sup>*

*Pipelining RWH system only change a little bit of rain water pipe networks that already exist, rainwater pipes network are connected to each other then flowed into the reservoir and flowed into the processing unit. The reservoir unit use the overflow system to set the rainwater volume, while to determine the processing units using the scales system assesment. Processing unit treatments used is an alternative processing unit 3, that using Ozone. And if the RWH system has been applied to the FTSP building, then FTSP can save Rp 17,447,232.00 per year.*

*Keyword : Rainwater Quality, Ozone, Rainwater Harvesting (RWH).*

## ABSTRAK

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan. Pemilihan air hujan sebagai alternative sangat relevan untuk sumber cadangan air bersih ataupun sebagai keperluan sehari-hari. Saat ini di Universitas Islam Indonesia (UII), air hujan hanya dialirkan ke saluran drainase dan kesumur resapan. Oleh sebab itu, dibutuhkan pemanfaatan air hujan sebagai upaya konservasi air. Metode pemanenan air hujan merupakan salah satu upaya konservasi air yang sangat bermanfaat, dimana air hujan yang dipanen dapat digunakan untuk keperluan sehari - hari, sehingga dapat mengurangi kebutuhan air yang selama ini menggunakan air PDAM yang terbilang mahal dan menggunakan air bawah tanah dengan kualitas air yang tidak cukup bagus.

Perencanaan yang dilakukan adalah memanfaatkan potensi air hujan sebagai alternative sumber cadangan air bersih untuk kebutuhan air bersih di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP). Kajian mengenai aspek hidrologi terutama probabilitas kejadian curah hujan maksimum, analisis kualitas air hujan, *catchment area* dan hasil observasi sebagai dasar perencanaan sistem *Rainwater Harvesting* (RWH). Dengan system RWH ini air hujan yang dimanfaatkan memiliki potensi yang cukup besar untuk memenuhi kebutuhan air bersih, di lingkungan UII Terpadu air hujan yang dapat dimanfaatkan kurang lebih sebesar 1598,40 m<sup>3</sup> dan hanya untuk FTSP air hujan yang dapat dimanfaatkan kurang lebih adalah 177 m<sup>3</sup>.

Sistem perpipaan RWH hanya mengubah sedikit dari pipa jaringan air hujan yang sudah ada, pipa air hujan dihubungkan ke satu sama lain lalu dialirkan ke reservoir dan dialirkan ke unit pengolahan. Reservoir menggunakan system pelimpah untuk mengatur volume air hujan, sedangkan untuk penentuan unit pengolahan, menggunakan skala penilaian. Unit pengolahan yang digunakan adalah alternative unit pengolahan 3, yaitu dengan menggunakan Ozone. Dan jika system RWH sudah diaplikasikan pada gedung FTSP, maka FTSP dapat menghemat biaya sebesar Rp17,447,232.00/tahun.

Kata Kunci : Kualitas Air Hujan, Ozone, *Rainwater Harvesting* (RWH).

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK INGGRIS.....	vi
ABSTRAK INDONESIA .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Air Hujan.....	5
2.2 Pemanenan air hujan (RWH) .....	6
2.3 Komponen Sistem Pemanenan Air Hujan.....	8
2.4 Kuantitas Pemanenan Air Hujan .....	10
2.5 Kualitas Air Hujan .....	11
2.6 Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air Hujan.....	12
2.7 Analisis Hidrologi .....	13

2.7.1	Analisis Frekuensi.....	14
2.7.2	Intensitas Curah Hujan.....	16
2.7.3	Debit Metode Rasional .....	18
2.8	Standar Kualitas Air .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>21</b>
3.2	Pengumpulan Data .....	22
3.2.1	Data Primer.....	22
3.2.2	Data Sekunder.....	23
3.3	Pengolahan Data.....	24
3.3.1	Sampling Air Hujan .....	24
3.3.2	Data Curah Hujan dan Catchment Area.....	24
3.3.3	Jaringan Perpipaan Air Hujan Eksisting.....	25
3.3.4	Kebutuhan Air Bersih .....	25
3.3.5	Pelaksanaan Penelitian.....	26
<b>BAB IV ANALISIS KUALITAS AIR HUJAN.....</b>		<b>28</b>
4.1	Kualitas Air Hujan .....	28
4.2	Analisi Air Hujan .....	29
4.2.1	Kekeruhan .....	29
4.2.2	Warna .....	29
4.2.3	TDS (Total Disolved Solid).....	31
4.2.4	Besi (Fe).....	32
4.2.5	Nitrat ( NO <sub>3</sub> ) .....	34
4.2.6	Sulfat ( SO <sub>4</sub> ).....	35
4.2.7	Zat Organik ( KMnO <sub>4</sub> ).....	36
4.2.8	pH.....	37
4.2.9	Total <i>Coliform</i> dan <i>E-coli</i> .....	38
4.3	Perbandingan Kualitas Air Hujan Dengan Air Kran.....	39
<b>BAB V PERENCANAAN RAINWATER HAVESTING (RWH).....</b>		<b>41</b>

5.1	Data Curah.....	41
5.1.1	Analisis Hidrologi.....	41
5.2	Volume Air Hujan .....	47
5.2.1.	Volume Air Hujan Di Lingkungan Universitas Islam Indonesia.....	47
5.2.2	Volume Air Hujan Pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan .....	48
5.3	Perencanaan Perpipaan Air Hujan.....	49
5.3.2	Pipa Air Hujan Eksisting .....	49
5.3.2	Perencanaan Pipa RWH.....	51
5.4	Unit Pengolahan .....	52
5.4.1	Alternatif Unit Pengolahan 1 .....	52
5.4.2	Alternatif Unit Pengolahan 2 .....	56
5.4.3	Alternatif Unit Pengolahan 3 .....	60
5.5	Matrik Kriteria Penilaian Kelayakan.....	63
5.6	Skoring Pemilihan Alternatif .....	65
5.6.1	Skoring (Skala Nilai) Kriteria Penilaian .....	65
5.6.2	Hasil Skoring Pemilihan Alternatif Pengolahan .....	66
5.7	Aspek Biaya Setelah Adanya Sistem RWH.....	66
<b>BAB VI RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB) .....</b>		<b>69</b>
6.1	Perpipaan <i>Rainwater Harvesting</i> .....	69
6.2	Aksesoris Perpipaan .....	69
6.3	Unit Pengolahan .....	70
6.4	Pekerja.....	70
6.5	Total Biaya .....	70
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>71</b>
7.1	Kesimpulan.....	71
7.2	Saran.....	72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Reduced Mean ( $Y_n$ ).....	15
Tabel 2. 2 Reduced Standard Deviation ( $S_n$ ).....	15
Tabel 2. 3 Reduced Variate ( $Y_t$ ).....	16
Tabel 2. 4 Persyaratan Kualitas Air Bersih Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 416/ tahun 1990. ....	20
Tabel 4.1 Kualitas Air Hujan Pada Outlet Talang Air Hujan FTSP UII .....	28
Tabel 4. 2 Perbandingan Kualitas Air Hujan dan Kulalitas Air Kran.....	40
Tabel 5. 1 Curah Hujan Harian Maksimum.....	42
Tabel 5. 2 Data Periode Ulah Hujan (PUH).....	42
Tabel 5. 3 Data Intensitas Hujan Dengan Menggunakan Metode Hasper&Weduwen.Untuk PUH 2 Tahun.....	44
Tabel 5. 4 Data Intensitas Hujan Dengan Menggunakan Metode Hasper&Weduwen.Untuk PUH 5 Tahun.....	44
Tabel 5. 5 Analisis Lengkung Hujan Berdasarkan Metode Hasper-Weduwen Dan Metode Talbot PUH 2.....	45
Tabel 5. 6 Analisis Lengkung Hujan Berdasarkan Metode Hasper-Weduwen Dan Metode Talbot PUH 5.....	46
Tabel 5. 7 Volume Air Hujan Pada Universitas Islam Indonesia .....	47
Tabel 5. 8 Volume Air Hujan Pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan .....	49
Tabel 5. 9 Diameter dan Debit Air Hujan.....	52
Tabel 5. 10 Karakteristik jenis operasional lampu UV.....	53
Tabel 5. 11 Spesifikasi Unit Ultraviolet .....	54
Tabel 5. 12 Spesifikasi Unit Filter Karbon Aktif.....	55
Tabel 5. 13 Prakiraan Biaya Operasional dan Biaya Perawatan.....	55
Tabel 5. 14 Prakiraan Biaya Investasi Awal.....	56
Tabel 5. 15 Spesifikasi Dosing Pump.....	58
Tabel 5. 16 Spesifikasi Bak Pembubuh .....	59

Tabel 5. 17 Prakiraan Biaya Operasional dan Biaya Perawatan.....	59
Tabel 5. 18 Prakiraan Biaya Investasi Awal.....	60
Tabel 5. 19 Spesifikasi Unit Generator Ozon.....	62
Tabel 5. 20 Prakiraan Biaya Operasional dan Biaya Perawatan.....	62
Tabel 5. 21 Prakiraan Biaya Investasi Awal.....	63
Tabel 5. 22 Matrik Kriteria Penilaian Kelayakan.....	63
Tabel 5. 23 Skala Nilai Efisiensi Removal.....	65
Tabel 5. 24 Skala Perkiraan Biaya Operasional dan Pemeliharaan.....	65
Tabel 5. 25 Skala Biaya Investasi Awal.....	66
Tabel 5. 26 Skoring Pemilihan Alternatif Pengolahan.....	66
Tabel 5. 27 Jumlah Hujan Kabupaten Sleman Pada Tahun 2004 – 2014.....	67



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema pemanenan air hujan.....	6
Gambar 2. 2 PAH di Aceh Pasca Tsunami. ....	9
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	21
Gambar 3.2 Diagram Alir Perencanaan <i>Rainwater Harvesting</i> .....	22
Gambar 4. 1 Warna Pada Air Hujan (Kanan) dan Air Kran Pada FTSP (Kiri) .....	31
Gambar 4. 2 Kotoran Hewan Pada <i>Catchment Area</i> .....	37
Gambar 4. 3 Keadaan Gutter Yang Kotor.....	39
Gambar 5. 1 Grafik Curah Hujan Tahunan ( 2005 – 2014).....	41
Gambar 5. 2 Outlet Pipa Air Hujan .....	50
Gambar 5. 3 Sistem Perpipaan Air Hujan Eksisting.....	50
Gambar 5. 4 Sumur Resapan FTSP .....	51
Gambar 5. 5 3D Sketchup Sistem Perpipaan RWH.....	51
Gambar 5. 6 Skema Alternatif Pengolahan 1.....	52
Gambar 5. 7 Unit Ultraviolet .....	54
Gambar 5. 11 Filter Karbon Aktif.....	55
Gambar 5. 12 Skema Alternatif Pengolahan 2.....	56
Gambar 5. 13 Dosing Pump.....	58
Gambar 5. 14 Bak Pembubuh .....	59
Gambar 5. 15 Skema Alternatif Pengolahan 3.....	60
Gambar 5. 16 Sistem injeksi ozon untuk pengolahan air skala kecil.....	61
Gambar 5. 17 Sistem injeksi ozon untuk pengolahan air.....	62

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup semua makhluk hidup, terutama bagi manusia. Oleh manusia air digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dan kebutuhan lainnya. Seiring perkembangan zaman, ketersediaan air bersih di masyarakat semakin berkurang, hal ini terjadi karena adanya berbagai pencemaran air dari berbagai limbah yang dibuang sembarangan pada saluran air dan sungai-sungai. Pencemaran air tidak hanya terjadi di kota-kota besar, tetapi dapat dijumpai juga di daerah-daerah pedesaan. Hal tersebut menyebabkan masyarakat semakin sulit memperoleh air yang bersih.

Fakta kondisi sumber daya air di Indonesia menunjukkan bahwa setiap tahun terjadi dua kondisi berbeda. Pada satu sisi, ketika musim kemarau beberapa daerah di Indonesia mengalami kekeringan, di sisi lain ketika musim hujan datang, beberapa daerah di Indonesia pun sering mengalami banjir. Dua kondisi yang saling bertentangan ini merupakan hal yang sudah menjadi permasalahan lama di Indonesia. Kondisi tersebut menyebabkan masyarakat mengalami kesulitan dalam penyediaan dan pemenuhan kebutuhan air bersih untuk berbagai keperluan hidup.

Air hujan merupakan salah satu sumber daya alam yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya dibiarkan mengalir ke saluran-saluran drainase menuju ke sungai-sungai yang akhirnya mengalir ke laut. Padahal jika mampu diolah dan dikelola dengan baik, air hujan tersebut akan memiliki banyak manfaat bagi keberlangsungan hidup manusia, terutama untuk keberlangsungan penyediaan air bersih di masyarakat. Air hujan sendiri dapat digunakan untuk memenuhi berbagai keperluan manusia antara lain untuk mandi, mencuci bahkan untuk air minum.

Salah satu cara yang bisa digunakan untuk menjaga ketersediaan air bersih adalah dengan memanfaatkan sumber daya air hujan. Teknologi pemanfaatan air hujan yang bisa digunakan adalah teknologi penampungan air hujan. Penampungan air hujan adalah teknologi sederhana dalam pengembangan sumber daya air yang penerapannya mudah dilaksanakan oleh masyarakat, dan kondisi curah hujan di Indonesia memenuhi syarat. Selain itu teknologi penampungan air hujan untuk memenuhi kebutuhan air telah diterapkan di beberapa negara, diantaranya dengan sistem pembuatan bak penampung air hujan (rooftop rainwater collection system).

Teknologi penampungan air hujan sangat bermanfaat dan tepat untuk diterapkan jika : Pola dan intensitas air hujan di suatu daerah memadai, masyarakat mempunyai keinginan untuk memanfaatkan air hujan, masyarakat mampu membuat sistem penampungan air hujan, baik secara perorangan maupun kelompok, tidak ada sumberdaya air yang lain, atau sumber daya air hanya tersedia secara musiman, atau sumber daya air yang ada terlalu tercemar dan tidak layak untuk dimanfaatkan.

Pada daerah Yogyakarta, Kabupaten Sleman, Kulon Progo dan Kodya Yogyakarta mempunyai iklim dengan bulan basah 5-6 bulan dan bulan kering 2-3 bulan, sedangkan Kabupaten Bantul mempunyai bulan basah 5-6 bulan dengan bulan kering 4-6 bulan. Curah hujan tahunan di daerah Yogyakarta bervariasi antara 1000 - 1500 mm per tahun sampai sekitar 1500 - 2000 mm per tahun yang penyebarannya merata di seluruh propinsi kecuali Gunung Kidul dan Kulon Progo (Bappenas, 2011).

Secara kualitas air hujan memiliki kualitas yang sangat baik. Akan tetapi tidak demikian halnya jika sudah ditampung dalam bak penampungan. Proses penangkapan air hujan yang lazim adalah memanfaatkan atap rumah sebagai areal tangkapan air hujan. Disinilah proses masuknya polutan kedalam air mulai berlangsung. Atap rumah yang memakai genteng sebagai penutup, talang air yang berbahan seng dan bak tampungan yang tidak tertutup memungkinkan masuknya debu dan polutan lain masuk kedalam air hujan pada bak PAH.

Kebutuhan air bersih yang ada di lingkungan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia saat ini disediakan dari PDAM Tirtamas. Sumber air bersih yang diambil oleh PDAM Tirtamas berasal dari Umbul Wadon yang juga sumber yang diambil oleh PDAM Sleman. Pada saat musim penghujan suplai air bersih ke kampus terpadu UII berjalan lancar tetapi pada saat kemarau panjang pasokan air bersih dari PDAM ke kampus terpadu UII kerap terjadi kemacetan. Oleh karena itu UII lantas berusaha mencukupi kebutuhan sumur dalam (*deep well*). Namun hasil pengujian dari Laboratorium Kualitas Air UII, air ini ternyata mengandung zat besi yang melebihi baku mutu yaitu sebesar 0,81 mg/L dan Total Dissolved Solid (TDS) yaitu sebesar 238 mg/L yang perlu *treatment* sebelum dapat digunakan.

Untuk menyeimbangkan hal tersebut, maka diperlukan adanya upaya pengelolaan air hujan supaya dapat dimanfaatkan dengan baik. Limpasan air hujan dapat dimanfaatkan kembali, cara ini biasa disebut dengan Rainwater Harvesting (RWH) yang mana limpasan air hujan pada suatu bangunan dikumpulkan dalam suatu tempat atau tangki.

## 1.2 Rumusan Masalah

Semakin meningkatnya kebutuhan air bersih di masyarakat yang tidak dibarengi dengan ketersediaannya air bersih merupakan masalah yang sangat krusial untuk keberlangsungan hidup manusia. Hal tersebut akan mengganggu jalannya berbagai aktifitas manusia. Padahal secara iklim Indonesia termasuk negara dengan curah hujan tinggi. Salah satu faktor yang menjadi penekanan dalam permasalahan ini adalah pengelolaan dan pengolahan air hujan yang belum maksimal. Maka rumusan permasalahan yang akan diselesaikan adalah :

- 1) Berapa besar potensi air hujan yang bisa dimanfaatkan untuk alternatif sumber cadangan air bersih pada Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta ?
- 2) Bagaimana pemanfaatan dan pengolahan air hujan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta ?

### 1.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang sudah ditentukan, ada batasan masalah pada penelitian ini agar penelitian dapat berjalan dengan sesuai dengan apa yang diharapkan. Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Perkiraan besarnya potensi air hujan yang dapat ditangkap di lingkungan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- 2) Perencanaan pemanfaatan air hujan dikhususkan di gedung Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- 3) Perencanaan meliputi sistem jaringan perpipaan air hujan, penampungan air hujan dan unit pengolahan untuk pemanfaatan kembali.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Tugas Akhir ini yaitu:

- 1) Mengetahui potensi air hujan yang bisa dimanfaatkan alternatif sumber cadangan air bersih di kampus terpadu Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- 2) Merencanakan sistem *Rain Water Harvesting* pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta sebagai sumber air cadangan untuk kebutuhan air bersih.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Air Hujan

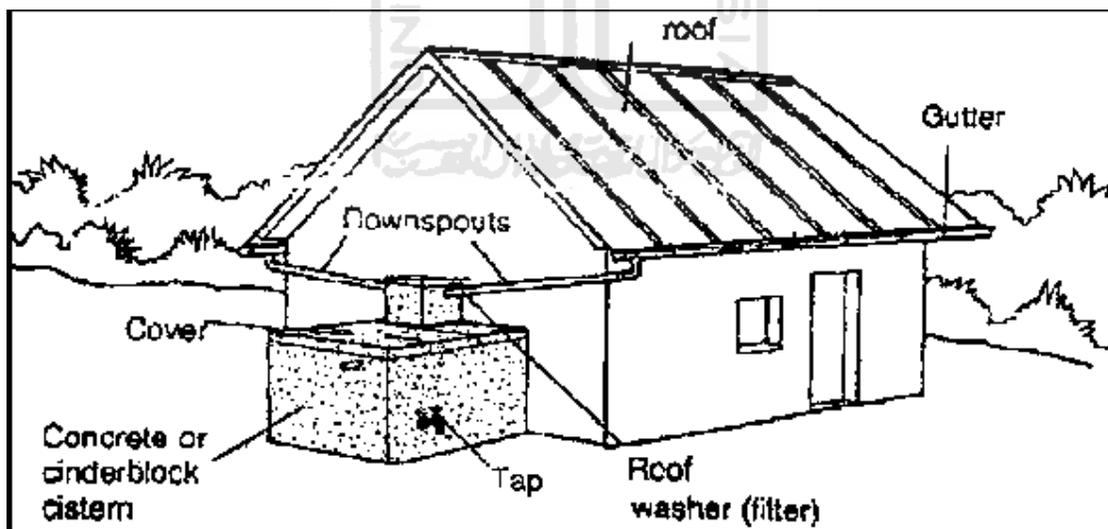
Air hujan adalah air yang menguap karena panas dan dengan proses kondensasi (perubahan uap air menjadi tetes air yang sangat kecil) membentuk tetes air yang lebih besar kemudian jatuh kembali ke permukaan bumi. Pada waktu berbentuk uap air terjadi proses *transportasi* (pengangkutan uap air oleh angin menuju daerah tertentu yang akan terjadi hujan). Ketika proses transportasi tersebut uap air tercampur dan melarutkan gas-gas oksigen, nitrogen, karbondioksida, debu, dan senyawa lain. Karena itulah, air hujan juga mengandung debu, bakteri, serta berbagai senyawa yang terdapat dalam udara. Jadi kualitas air hujan juga banyak dipengaruhi oleh keadaan lingkungannya. Air hujan diduga akan mengandung lebih banyak gas-gas daripada air tanah, terutama kandungan CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>. Air hujan biasanya tidak mengandung garam-garam mineral, zat-zat racun, atau zat yang dapat mengandung kesehatan. Karena itu hujan yang bersih dapat digunakan sebagai air minum apalagi untuk keperluan mandi. Air hujan termasuk air lunak. Air atmosfer dalam keadaan murni sangat bersih, tetapi sering terjadi pengotoran karena industri, debu dan sebagainya. Oleh karena itu untuk menjadikan air hujan sebagai air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan mulai turun, karena masih banyak mengandung kotoran. Air hujan memiliki sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini mempercepat terjadinya karatan (korosi) air hujan juga memiliki sifat lunak, sehingga boros terhadap sabun (Waluyo, 2005 dalam Setiawan, 2008).

Untuk beberapa orang, rasa air hujan dianggap tidak enak atau terasa hambar. Hal ini mungkin karena air hujan tidak banyak mengandung garam tetapi banyak

mengandung gas. Dibandingkan dengan air minum biasa, air hujan mempunyai sedikit kelemahan yaitu kandungan garam-garam. Bila perlu ke dalam air hujan dapat ditambahkan atau dibubuhi garam. Karena beberapa garam juga terdapat dalam bahan makanan kita, sedang garam dapur selalu ditambahkan dalam persiapan hidangan, maka dalam prakteknya bila dibubuhkan kapur saja sudah cukup. Kapur yang dapat digunakan adalah kapur-kapur yang banyak didapat di pedagang-pedagang bahan bangunan. Sebelum digunakan kapur disaring sehingga baik batu/kerikil serta kotoran lain dapat dipisahkan. Jumlah kapur yang ditambahkan adalah 25-100 mg/liter (Hadi, 1973 dalam Winarno, 1996 dalam Setiawan 2008).

## 2.2 Pemanenan air hujan (RWH)

Pemanenan air hujan adalah mengumpulkan tetesan air hujan. Dalam hal ini digunakan atap untuk mengumpulkan air hujan. Air hujan kemudian mengalir sepanjang talang (gutter), dan masuk ke dalam suatu tangki pengumpul.



Gambar 2. 1 Skema pemanenan air hujan

Sumber : Jose, [www.oas.org](http://www.oas.org)

Pemanenan air hujan (rainwater harvesting) sudah banyak dilakukan sejak lama, khususnya di pedesaan di mana sumber air lainnya, yaitu air tanah tidak mencukupi, atau pengadaanya terlalu mahal. Pemanenan air hujan digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dan ternak, terutama menjelang dan selama musim kemarau panjang. Cara yang dilakukan yaitu dengan pengumpulan air hujan yang mengucur dari atap rumah. Untuk skala besar pemanenan air hujan dapat dilakukan didaerah tangkapan air. (Suripin 2002 dalam Setiawan 2008).

Lebih dari tiga abad yang lalu penampungan air hujan dengan menggunakan atap rumah dan bak cadangan menjadi sumber kebutuhan persediaan air di beberapa pulau di wilayah Caribbean. Selama perang dunia kedua, beberapa lapangan terbang juga diubah menjadi tempat penampungan air hujan, diperkirakan lebih dari 500.000 orang di beberapa pulau wilayah Caribbean tergantung pada persediaan penampungan air hujan dengan menggunakan atap rumah. Di beberapa negara besar dipusat dan selatan Amerika seperti Honduras, Brazil, dan Paraguay, pemanenan air hujan sebagai sesuatu yang penting didalam kebutuhan suplai air, terutama didaerah pedesaan. (Torres, 2006 dalam Setiawan 2008)

Air hujan yang berkualitas baik dapat dikumpulkan dari air hujan yang berasal dari atas atap rumah. Tentu saja atap rumah yang bersih dan terbuat dari bahan yang tahan erosi, misalnya genteng yang dilapisi aluminium atau semen, atau sirap. Demikian juga, bak penampung juga harus bersih. Sebaliknya air yang berasal dari hujan pada awal musim hujan dibuang, tidak dimasukkan dalam bak penampung. Hal ini dimaksudkan bahwa pada awal musim hujan, atap masih kotor.

Pemanenan air hujan (RWH) merupakan metode atau teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan air hujan yang berasal dari atap bangunan, permukaan tanah, jalan atau perbukitan batu dan dimanfaatkan sebagai salah satu sumber suplai air bersih (UNEP, 2001; Abdulla et al., 2009 dalam Yulistyorin 2011). Air hujan merupakan sumber air yang sangat penting terutama di daerah yang tidak terdapat sistem penyediaan air bersih, kualitas air permukaan yang rendah serta tidak

tersedia air tanah (Abdulla et al., 2009 dalam Yulistyorini 2011). Berdasarkan UNEP (2001) dalam Yulistyorini (2011), beberapa keuntungan penggunaan air hujan sebagai salah satu alternatif sumber air bersih adalah sebagai berikut :

- (1) meminimalisasi dampak lingkungan: penggunaan instrumen yang sudah ada (atap rumah, tempat parkir, taman, dan lain-lain) dapat menghemat pengadaan instrumen baru dan meminimalisasi dampak lingkungan. Selain itu meresapkan kelebihan air hujan ke tanah dapat mengurangi volume banjir di jalan-jalan di perkotaan setelah banjir;
- (2) lebih bersih: air hujan yang dikumpulkan relatif lebih bersih dan kualitasnya memenuhi persyaratan sebagai air baku air bersih dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut;
- (3) kondisi darurat: Air hujan sebagai cadangan air bersih sangat penting penggunaannya pada saat darurat atau terdapat gangguan sistem penyediaan air bersih, terutama pada saat terjadi bencana alam. Selain itu air hujan bisa diperoleh di lokasi tanpa membutuhkan sistem penyaluran air;
- (4) sebagai cadangan air bersih: pemanenan air hujan dapat mengurangi kebergantungan pada sistem penyediaan air bersih;
- (5) sebagai salah satu upaya konservasi; dan
- (6) pemanenan air hujan merupakan teknologi yang mudah dan fleksibel dan dapat dibangun sesuai dengan kebutuhan. Pembangunan, operasional dan perawatan tidak membutuhkan tenaga kerja dengan keahlian tertentu.

### **2.3 Komponen Sistem Pemanenan Air Hujan**

Area penangkapan air hujan (collection area) merupakan tempat penangkapan air hujan dan bahan yang digunakan dalam konstruksi permukaan tempat penangkapan air hujan mempengaruhi efisiensi pengumpulan dan kualitas air hujan. Bahan - bahan yang digunakan untuk permukaan tangkapan hujan harus tidak beracun dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas air



air hujan dalam saluran penampung sehingga kualitas air hujan terjaga. Dalam kondisi tertentu, filter harus bisa dilepas dengan mudah dan dibersihkan dari sampah. Tangki (Cistern or tank) alami (kolam atau dam) dan tangki buatan merupakan tempat untuk menyimpan air hujan. Tangki penyimpanan air hujan dapat berupa tangki di atas tanah atau di bawah tanah (*ground tank*). First flush device: apabila kualitas air hujan merupakan prioritas, saluran pembuang air hujan yang tertampung pada menit-menit awal harus dibuang. Tujuan fasilitas ini adalah untuk meminimalkan polutan yang ikut bersama air hujan. (Abdulla et al., 2009 dalam Yulistyorini 2011).

#### 2.4 Kuantitas Pemanenan Air Hujan

Untuk menentukan ukuran air hujan yang dibutuhkan, ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan antara lain volume air yang dibutuhkan per hari, ukuran tangkapan air hujan, tinggi rendahnya curah hujan, kegunaan air hujan sebagai alternatif air bersih, dan tempat yang tersedia. Untuk mengetahui kebutuhan air secara total, harus ditentukan kuantitas air yang diperlukan untuk keperluan outdoor seperti: irigasi, reservoir (liter/hari) dan indoor seperti: mandi, cuci, toilet, kebocoran (liter/hari).

Jika volume air yang dibutuhkan sudah ditentukan, maka volume air hujan yang dapat ditangkap akan menentukan ukuran sistem PAH yang dibutuhkan. Cara sederhana yang dapat digunakan untuk menghitung volume air hujan yang dibutuhkan adalah menggunakan curah hujan tahunan dikalikan dengan luasan tangkapan air hujan, dengan rumus dibawah ini :

*Tinggi curah hujan tahunan (mm) x Luas tangkapan hujan (m<sup>2</sup>) = Total air hujan yang ditangkap (m<sup>3</sup>)*

Effisiensi air hujan yang ditangkap ditentukan oleh koefisien tangkapan air hujan, dimana koefisien ini merupakan presentase air hujan yang ditangkap dari sistem PAH yang memperhitungkan kehilangan air. Koefisien ini bergantung dari desain sistem PAH dan pemanfaatan air hujan untuk memenuhi kebutuhan air. Untuk kebutuhan indoor koefisien efisiensi sebesar 75-90%, sedangkan untuk kebutuhan outdoor sebesar 50% (UNEP, 2001 dalam Yulistyorini 2011).

## **2.5 Kualitas Air Hujan**

Kualitas air hujan umumnya sangat tinggi (UNEP, 2001 dalam Yulistyorin 2011). Air hujan hampir tidak mengandung kontaminan, oleh karena itu air tersebut sangat bersih dan bebas kandungan mikroorganisme. Namun, ketika air hujan tersebut kontak dengan permukaan tangkapan air hujan (catchment), tempat pengaliran air hujan (conveyance) dan tangki penampung air hujan, maka air tersebut akan membawa kontaminan baik fisik, kimia maupun mikrobiologi.

Batas nilai rata-rata pH air hujan adalah 5,6 merupakan nilai yang dianggap normal atau hujan alami seperti yang telah disepakati secara internasional oleh badan dunia WMO ( World Meteorological Organization ). Apabila pH air hujan lebih rendah dari 5,6 maka hujan bersifat asam, atau sering disebut dengan hujan asam dan apabila pH air hujan lebih besar 5,6 maka hujan bersifat basa. Dampak hujan yang bersifat asam dapat mengikis bangunan/gedung atau bersifat korosif terhadap bahan bangunan, merusak kehidupan biota di danau/danau, dan aliran sungai (Aryanti, 2004). Sifat hujan yang agak asam disebabkan karena terlarutnya asam karbonat ( $H_2CO_3$ ) yang terbentuk dari gas  $CO_2$  di dalam air hujan. Asam karbonat itu bersifat asam yang lemah sehingga pH air hujan tidak rendah, Apabila air hujan tercemar oleh asam yang kuat, pH air hujan turun di bawah 5,6 hujan demikian disebut hujan asam.

Beberapa literatur menunjukkan simpulan yang berbeda mengenai kualitas PAH dari atap rumah. Kualitas PAH sangat bergantung pada karakteristik wilayah PAH seperti topografi, kondisi cuaca, tipe wilayah tangkapan air hujan, tingkat

pencemaran udara, tipe tangki penampungan dan pengelolaan air hujan (Kahinda et al., 2007 dalam Yulistyorini 2011). Menurut Horn dan Helmreich (2009) dalam Yulistyorini (2011), di daerah pinggiran kota atau di pedesaan, umumnya air hujan yang ditampung sangat bersih, tetapi di daerah perkotaan dimana banyak terdapat area industri dan padatnya arus transportasi, kualitas air hujan sangat terpengaruh sehingga mengandung logam berat dan bahan organik dari emisi gas buang. Selain industri dan transportasi, permukaan bahan penangkap air hujan juga mempengaruhi kualitas airnya.

Dengan pemahaman bagaimana proses kontaminasi air hujan terjadi, dan bagaimana kontaminan terbawa oleh air hujan, maka pengelolaan air hujan yang memenuhi syarat akan menghasilkan air bersih yang berkualitas (UNEP, 2001 dalam Yulistyorini 2011). Di bawah ini beberapa cara sederhana dalam mengolah air hujan menjadi air bersih:

- (1) permukaan tangkapan air hujan dan interior tangki penampungan air hujan harus dibersihkan secara berkala (Sazaki et al., 2007 dalam Yulistyorini 2011);
- (2) memasang saringan (screen) sebelum masuk ke pipa tangki penampungan air hujan;
- (3) membuang beberapa liter air hujan pada beberapa menit pertama ketika hujan tiba dengan menggunakan pipa khusus pembuangan (Horn dan Helmreich, 2009; Kahinda et al., 2007 dalam Yulistyorini 2011);
- (4) desinfeksi (chlorination) merupakan cara yang umum digunakan dalam mengurangi kontaminan mikroorganisme. Dosis klorinasi yang digunakan sebaiknya berkisar 0.4–0.5 mg/lit berupa free chlorine dalam bentuk tablet atau gas (Horn dan Helmreich, 2009 dalam Yulistyorini 2011);
- (5) penyaringan air hujan dengan menggunakan saringan pasir lambat (slow sand filter) (Li et al., 2010 dalam Yulistyorini 2011);
- (6) pasteurisasi merupakan metode pengolahan dengan menggunakan sinar ultraviolet dan panas dari sinar matahari. Metode sangat efektif jika suhu

pemanasan mencapai 50°C dan air mengandung konsentrasi oksigen yang cukup (Horn dan Helmreich, 2009 dalam Yulistyorini 2011).

## 2.6 Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air Hujan

Air hujan merupakan sumber air yang berkualitas tinggi dimana tersedia setiap musim hujan dan berpotensi untuk mengurangi tekanan terhadap pemakaian sumber air bersih (*fresh water sources*). Penampungan air hujan yang berasal dari atap rumah biasanya merupakan alternatif air terbersih yang dapat digunakan sebagai sumber air bersih dan hanya membutuhkan pengolahan yang sederhana sebelum air digunakan.

Di Singapura (Nanyang Technological University Campus) penggunaan air bersih dapat ditekan sebesar 12.4% untuk penyiraman toilet karena air bersih tersebut digantikan oleh air hujan (Appan, 1999 dalam Yulistyorini 2011). Studi di beberapa kota di Australia menyebutkan penggunaan air hujan dapat menghemat air bersih sampai 29.9% (Perth) dan 32.3% (Sydney) (Zang et al., 2009 dalam Yulistyorini 2011). Di Jordan pemanfaatan air hujan oleh penduduk sebagai alternatif sumber air bersih dapat mengurangi pemakaian air (*potable water*) hingga 19.7%. Selain untuk keperluan minum dan memasak, air hujan digunakan untuk perawatan taman, kebersihan di dalam dan di luar rumah. Untuk keperluan makan dan minum tentu membutuhkan pengolahan lebih lanjut walaupun tidak terlalu rumit (Abdulla et al., 2009 dalam Yulistyorini 2011). Ghisi et al (2009) dalam Yulistyorini (2011) menyatakan bahwa pemakaian air hujan di beberapa SPBU di Brasil menghemat pemakaian air bersih (*potable water*) sebesar 32,7–70%. Selain untuk kebutuhan toilet dan taman, air tersebut digunakan untuk pencucian kendaraan di SPBU (Ghisi et al., 2009 dalam Yulistyorini 2011).

## 2.7 Analisis Hidrologi

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, runoff dan infiltrasi). Jadi, jumlah curah hujan yang diukur, sebenarnya adalah tebalnya atau tingginya permukaan air hujan yang menutupi suatu daerah luasan di permukaan bumi/tanah. Satuan curah hujan yang umumnya dipakai oleh BMKG adalah milimeter (mm). Curah hujan 1 (satu) milimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi 1 (satu) milimeter atau tertampung air sebanyak 1 (satu) liter atau 1000 ml.

### 2.7.1 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dapat diartikan sebagai suatu cara untuk memprediksi suatu besaran curah hujan di masa yang akan datang dengan menggunakan data curah hujan di masa yang lalu berdasarkan suatu pemakaian distribusi frekuensi. Dalam melakukan sebuah analisis frekuensi diperlukan data curah hujan, yaitu curah hujan maksimum. Teori distribusi dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan umum tinggi hujan untuk analisis frekuensi, seperti :

#### a. Distribusi Gumbel

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi Gumble Tipe I digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n}(Y_T - Y_n) \dots\dots\dots (2.1)$$

YT = nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu hubungan antara periode ulang T dengan YT dapat dihitung dengan rumus :

$$YT = -\ln \left[ -\ln \frac{T-1}{T} \right] \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$Y_n$  = nilai rata-rata dari reduksi variat (mean of reduce variate) nilainya tergantung dari jumlah data ( $n$ ) dan dapat dilihat pada Tabel.

$S_n$  = deviasi standar dari reduksi variat (mean of reduced variate) nilainya tergantung dari jumlah data ( $n$ ) dan dapat dilihat pada Tabel.

$S$  = deviasi standar dari data curah hujan

**Tabel 2. 1 Reduced Mean ( $Y_n$ )**

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5300	0,5820	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5400	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600									

Sumber : CD Soemarto, 1999

**Tabel 2. 2 Reduced Standard Deviation (Sn)**

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Sumber : CD Soemarto, 1999

**Tabel 2. 3 Reduced Variate (Yt)**

Periode Ulang	Reduced Variate
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

Sumber : CD Soemarto, 1999

### 2.7.2 Intensitas Curah Hujan

Curah hujan jangka pendek dinyatakan dalam intensitas per jam yang disebut: intensitas curah hujan. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda yang

disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya dan untuk mendapatkan intensitas hujan pada durasi tertentu dapat digunakan beberapa cara peramalan.

Metode ini berasal dari kecenderungan curah hujan harian yang dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa curah hujan memiliki distribusi yang simetris dengan durasi curah hujan lebih kecil dari 1 jam dan durasi curah hujan lebih kecil dari 1 sampai 24 jam.

a. Metode Hasper&Weduwen

- Untuk  $1 \text{ jam} < t < 24 \text{ jam}$

$$R = \sqrt{\frac{11300t}{t+3,12}} \cdot \frac{X_T}{100} \dots\dots\dots (2.3)$$

- Untuk  $0 < t < 1 \text{ jam}$

$$R = \sqrt{\frac{11300t}{t+3,12}} \cdot \frac{R_1}{100} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$R_1 = X_T \left( \frac{1218.t+59}{X_T(1-t)+1272t} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

- Sehingga diperoleh Intensitas Hujan :

$$I = \frac{R^t}{t} \text{ mm / jam} \dots\dots\dots (2.6)$$

b. Metode Talbot

$$I = \frac{a}{(t+b)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

$I$  = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

$T$  = Durasi Curah Hujan (jam)

$A$  dan  $b$  = Konstanta yang tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi suatu wilayah

Dimana :

$$a = \frac{(\sum I.t)(\sum I^2) - (\sum I^2.t)(\sum I)}{n.(\sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I.t) - n(\sum I^2.t)}{n.(\sum I^2) - (\sum I)^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

### 2.7.3 Debit Metode Rasional

Salah satu metode yang umum digunakan untuk memperkirakan laju aliran puncak (debit banjir atau debit rencana) yaitu Metode Rasional USSCS (1973). Metode ini digunakan untuk daerah yang luas pengalirannya kurang dari 300 ha (Goldman et.al., 1986, dalam Suripin, 2004). Metode Rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa curah hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh daerah pengaliran selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (tc). Persamaan matematik Metode Rasional adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana :

$Q$  : Debit (m<sup>3</sup>/detik)

0,278	: Konstanta, digunakan jika satuan luas daerah menggunakan km <sup>2</sup>
0,002778	: Konstanta, digunakan jika satuan luas daerah menggunakan ha
C	: Koefisien aliran
I	: Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
A	: Luas daerah aliran (ha)

## 2.8 Standar Kualitas Air

Sarat-sarat air minum pada umumnya ditentukan pada beberapa standard (patokan) yang pada beberapa negara berbeda-beda menurut :

- Kondisi negara masing-masing.
- Perkembangan ilmu pengetahuan.
- Perkembangan teknologi.

Dari segi kualitas air minum harus memenuhi :

### a. Sarat fisik :

- Air tidak boleh berwarna.
- Air tidak boleh berasa.
- Air tidak boleh berbau.
- Suhu hendaknya di bawah sela udara (sejuk  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ )
- Air harus jernih.

### b. Sarat-sarat kimia :

Air minum tidak boleh mengandung racun, zat-zat mineral atau zat-zat kimia tertentu dalam jumlah melampaui batas yang telah ditentukan.

### c. Sarat-sarat bakteriologis :

Air minum tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit (pathogen) sama sekali dan tidak boleh mengandung bakter-bakteri golongan Coli melebihi batas-batas yang telah ditentukan yaitu 1 Coli/100 ml air. Bakteri golongan Coli ini berasal dari usus besar (faeces) dan tanah.

Bakteri pathogen yang mungkin ada dalam air antara lain adalah :

- Bakteri typhum.
- Vibrio colerae.
- Bakteri dysentriae.
- Entamoeba hystolotica.
- Bakteri enteritis (penyakit perut).

Air yang mengandung golongan Coli dianggap telah berkontaminasi (berhubungan) dengan kotoran manusia. Dengan demikian dalam pemeriksaan bakteriologik, tidak langsung diperiksa apakah air itu telah mengandung bakteri patogen, tetapi diperiksa dengan indikator bakteri golongan Coli. (Sutrisno, 1996 dalam Setiawan, 2011).

**Tabel 2. 4 Persyaratan Kualitas Air Bersih Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 416/ tahun 1990.**

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Di Perbolehkan	Keterangan
<b>A. Fisik</b>				
1.	Bau	-	-	Tidak Berbau
2.	Jumlah Zat Pada Terlarut (TDS)	Mg/L	1000	-
3.	Kekeruhan	Skala NTU	5	-
4.	Rasa	-	-	Tidak Berasa
5.	Suhu	0°C	Suhu Udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	-
6.	Warna	Skala TCU	15	-
<b>B. Kimia</b>				
<b>a. Kimia Anorganik</b>				
1.	Besi	Mg/L	1	
2.	Mangan	Mg/L	0.5	
3.	Nitrat	Mg/L	1	
4.	pH	Mg/L	0.05	
5.	Sulfat	Mg/L	400	
<b>b. Kimia Organik</b>				
1.	Zat Organik	Mg/L	10	
<b>C. Biologi</b>				

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Di Perbolehkan	Keterangan
1.	E. Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0	
2.	Total Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0	

Sumber : Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 416/ tahun 1990.

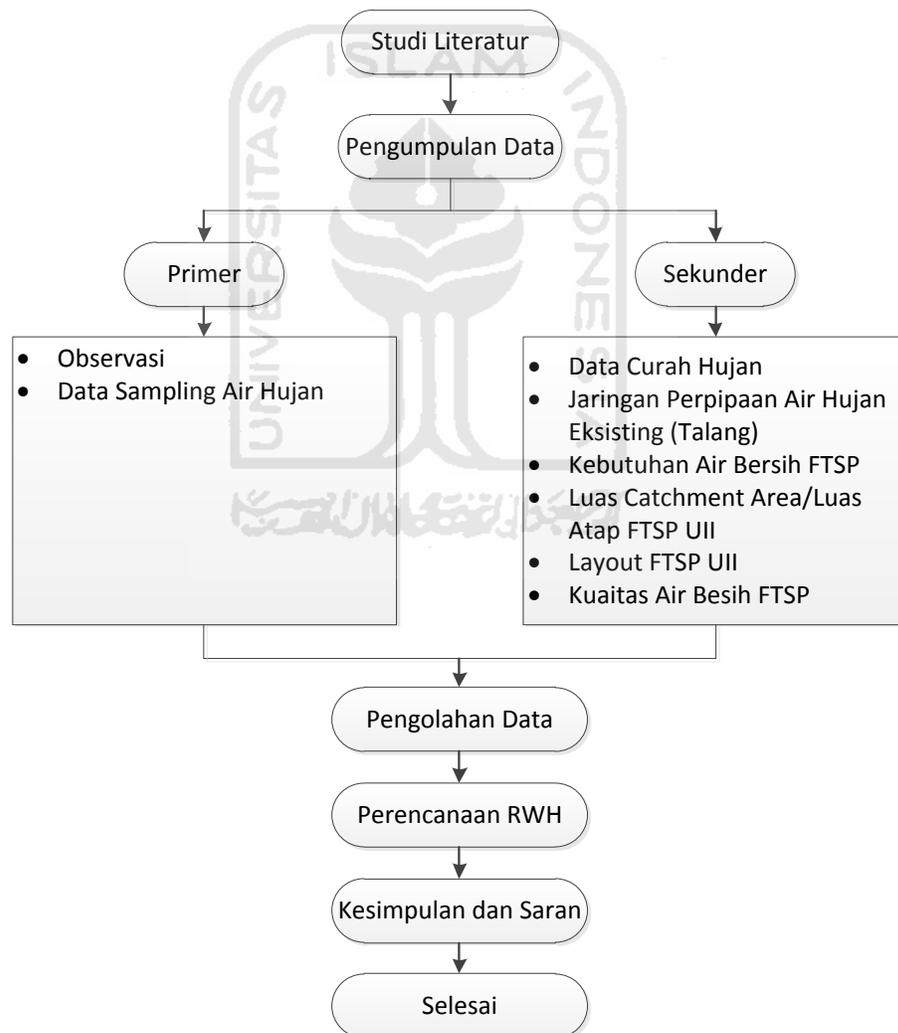


## BAB III

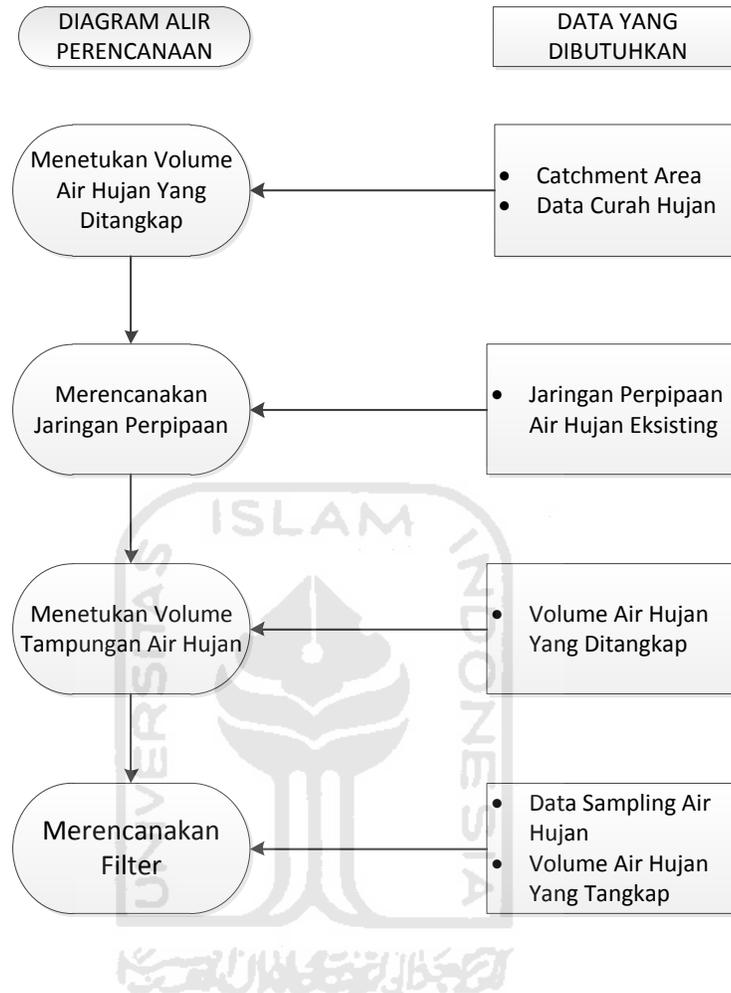
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Kerangka pemikiran yang akan digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan 3.2.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.2 Diagram Alir Perencanaan *Rainwater Harvesting***

### 3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Pada penelitian ini ada dua sumber data yang diperlukan, yaitu data primer dan data sekunder.

#### 3.2.1 Data Primer

- Observasi

Pada penelitian ini observasi dilakukan untuk mengamati jaringan perpipaan air hujan eksisting, aliran air hujan dan reservoir eksisting.

- **Sampling Air Hujan**

Data hasil sampling kualitas air hujan di dapatkan dari hasil sampling pada outlet talang air hujan gedung FTSP.

### **3.2.2 Data Sekunder**

- **Data Curah Hujan**

Pada penelitian ini, data curah hujan didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, Geofisika (BMKG). Apabila data masih perlu diolah maka dapat dilakukan dengan analisis hidrologi dan data curah hujan diperlukan untuk mengetahui berapa besar potensi hujan yang dapat dimanfaatkan pada daerah tangkapan air hujan.

- **Jaringan Perpipaan Air Hujan Eksisting**

Data dari jaringan perpipaan air hujan eksisting didapatkan dari Badan Pengelola Aset (BPA). Dengan mengetahui sistem jaringan perpipaan air hujan eksisting, diketahui bagaimana jaringan perpipaan RWH yang akan direncanakan. Dari jaringan perpipaan air hujan nantinya akan dialirkan ke penampungan air hujan dan melalui tahap pengolahan air lalu dialirkan ke reservoir eksisting.

- **Kebutuhan Air Bersih**

Data dari kebutuhan air bersih di FTSP UII didapatkan dari Badan Pengelola Aset (BPA) atau jumlah penghuni yang ada pada FTSP dan data kebutuhan air bersih di FTSP UII diperlukan untuk mengetahui berapa besar pemakaian air bersih dan setelah adanya perencanaan RWH maka akan diketahui efisiensi penggunaan air bersih.

- **Catchment Area**

Catchment area pada penelitian ini yaitu pada atap – atap gedung FTSP, data luas catchment area digunakan untuk mengetahui seberapa besar air hujan yang dapat dimanfaatkan dan data catchment area atau luas atap FTSP didapatkan dari Badan Pengelola Aset (BPA).

- Data Monitoring Kualitas Air Bersih Eksisting

Data kualitas air bersih eksisting yang digunakan pada gedung FTSP dibutuhkan untuk membandingkan dengan kualitas air hujan bertujuan untuk mengetahui kualitas air mana yang lebih bagus dan data monitoring kualitas air bersih bisa didapatkan pada Laboratorium Kualitas Air FTSP.

### **3.3 Pengolahan Data**

Data yang telah diperoleh akan diolah untuk mendapatkan hasil data yang akurat untuk perencanaan *Rainwater Harvesting* di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

#### **3.3.1 Sampling Air Hujan**

Setelah melakukan pengambilan sampel air hujan pada outlet talang air hujan, sample air hujan langsung dibawa ke Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan UII agar kualitas air sampel hujan tidak mengalami perubahan. Parameter yang diujikan yaitu parameter fisik adalah Bau, Rasa, Suhu (SNI 06-6989.23-2005), Warna (SNI 06-6989.24-2005), pH (SNI 06-6989.11-2004), Kekeruhan (SNI 06-6989.25-2005), Zat Padat Terlarut (TDS) (APHA 2510.B) , Parameter kimia adalah Besi (Fe) (SNI 6989.4-2009), Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) (SNI 01-3554.2006), Sulfat ( $\text{SO}_4$ ) (SNI 6989.30-2009), Zat Organik ( $\text{KMnO}_4$ ) (SNI 06-6989.22-2004) dan Parameter biologi adalah E.Coli (APHA 9221.C) dan Total coliform (APHA 9221.C). Pengujian sampel air hujan ini mengacu dari Permenkes No 416 Tahun 1990.

#### **3.3.2 Data Curah Hujan dan Catchment Area**

Data curah hujan didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, Geofisika (BMKG) apabila data masih dibutuhkan pengolahan data maka dapat dilakukan dengan analisis hidrologi dan untuk data catchment area didapatkan dari Badan

Pengelola Aset (BPA) FTSP. Setelah didapatkan data curah hujan dan catchment area maka akan diketahui seberapa besar potensi air hujan yang dapat dimanfaatkan.

Cara yang dapat digunakan untuk menghitung volume air hujan yang dibutuhkan adalah menggunakan curah hujan tahunan dikalikan dengan luasan tangkapan air hujan, dengan rumus dibawah ini :

$$V = \alpha \times \beta \times I \times A \times t \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

- V : Volume (m<sup>3</sup>)
- $\alpha$  : Koefisien limpasan (*Runoff*) (1)
- $\beta$  : Koefisien distribusi (0,9)
- I : Intensitas hujan rata-rata (mm)
- A : luas atap sebagai bidang penangkap (m<sup>2</sup>)
- t : periode / lama waktu hujan (jam)

\*Sumber : Agus Maryono

### 3.3.3 Jaringan Perpipaan Air Hujan Eksisting

Setelah diketahui data jaringan perpipaan air hujan eksisting (talang) sehingga dapat direncanakan bagaimana jaringan perpipaan air hujan (talang) pada perencanaan *Rainwater Harvesting* untuk dialirkan penampungan air hujan.

### 3.3.4 Kebutuhan Air Bersih

Setelah didapatkan data kebutuhan air bersih FTSP maka dapat dibandingkan dengan air hujan yang ditangkap untuk sebagai opsi pemakaian air hujan yang akan dimanfaatkan. Kebutuhan air bersih didapatkan dari jumlah penghuni gedung, yaitu dapat menggunakan rumus :

*Kebutuhan air bersih : Jumlah Penghuni Gedung X Kebutuhan Air Bersih Orang Perhari*

### 3.3.5 Pelaksanaan Penelitian

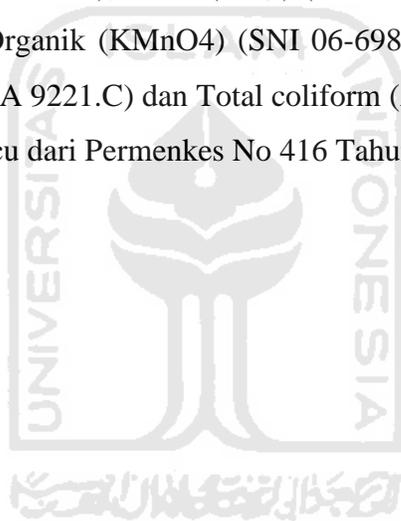
Pada Penelitian ini yang menjadi *Catchment Area* adalah atap dari gedung – gedung Universitas Islam Indonesia, yaitu Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknologi Industri, Fakultas Ilmu Agama Islam, Fakultas Psikologi dan Ilmu Sosial Budaya, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas D3 Ekonomi, Ulil Albab, Rektorat dan Laboratorium Terpadu, sehingga dapat diketahui volume air hujan yang dapat dimanfaatkan pada Universitas Islam Indonesia. Namun sebagai pemanfaatan *Rainwater Harvesting* hanya difokuskan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

Data curah hujan didapatkan dari kantor BMKG Yogyakarta pada pos hujan gondangan, desa Sardonoharjo, kecamatan Nganglik dengan data curah hujan 10 tahun terakhir. Kemudian data curah hujan dilakuakn analisis curah hujan dengan metode Gumbel, Hasper Weduwen dan Talbot, untuk mengetahui intensitas hujan pada wilayah studi.

Pada perencanaan jaringan perpipaan air hujan dilakukan analisis dari *layout*, gambar detail atap dan hasil dari observasi pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, data tersebut lalu dianalisis untuk merencanakan jaringan perpipaan air Hujan. Penentuan diameter pipa air hujan dilakukan analisis pada kebutuhan air bersih dan volume air hujan yang tertampung, volume air hujan yang tertampung tidak dimanfaatkan semua tetapi menyesuaikan pada kebutuhan air bersih, air hujan yang tidak dimanfaatkan dialirkan pada aliran eksisting yaitu dialirkan ke drainase dan sumur resapan. Jadi, dalam menentukan diameter pipa air hujan adalah dengan menyesuaikan volume dari kebutuhan air bersih.

Air hujan yang sudah ditangkap lalu dialirkan pada resvoar yang akan di rencanakan, dialirkan ke unit pengolahan lalu reservoir eksisting. Penggunaan kebutuhan air bersih pada musim penghujan menggunakan air PDAM dan air sumur yang sudah ada sedangkan pada musim kemarau menggunakan air pada *Rainwater Harvesting*.

Sampel dilakukan pengujian di Laboraturium Teknik Lingkungan Kualitas Air, sampel air hujan yang diambil berjumlah 3 sampel yang diambil pada outlet talang air hujan yang berbeda, sampel pertama diambil pada hari selasa, 6 april 2015, sampel kedua diambil pada hari sabtu, 11 april 2015, dan sampel ketiga diambil pada hari selasa, 14 april 2015. Parameter yang diuji berupa fisik, kimia, dan biologi. Adapun pengujian dalam bentuk fisik berupa Bau, Rasa, Suhu (SNI 06-6989.23-2005), Warna (SNI 06-6989.24-2005), pH (SNI 06-6989.11-2004), Kekeruhan (SNI 06-6989.25-2005), Zat Padat Terlarut (TDS) (APHA 2510.B) , Parameter kimia adalah Besi (Fe) (SNI 6989.4-2009), Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) (SNI 01-3554.2006), Sulfat ( $\text{SO}_4$ ) (SNI 6989.30-2009), Zat Organik ( $\text{KMnO}_4$ ) (SNI 06-6989.22-2004) dan Parameter biologi adalah E.Coli (APHA 9221.C) dan Total coliform (APHA 9221.C). Pengujian sampel air hujan ini mengacu dari Permenkes No 416 Tahun 1990.



## BAB IV

### ANALISIS KUALITAS AIR HUJAN

#### 4.1 Kualitas Air Hujan

Hasil analisa laboratorium pada pengujian awal yang mencakup parameter fisika, kimia dan mikrobiologi yang berjumlah 11 parameter adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.1 Kualitas Air Hujan Pada Outlet Talang Air Hujan FTSP UII**

No.	Parameter	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Baku Mutu Permenkes No 416 Tahun 1990
<b>A. Fisik</b>						
1	Temperatur	°C	26	26	26	Deviasi 3
2	Kekeruhan	NTU	1,93	0,85	0,86	5
3	Warna	TCU	< 4,5	< 4,6	< 4,5	15
4	Total Disolved Solid (TDS)	mg/L	35,5	24	18	1000
<b>B. Kimia</b>						
1	pH	-	7,43	7,68	7,71	6 - 8,5
2	Besi (Fe)	mg/L	< 0,06	< 0,06	< 0,06	1,0
3	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/L	2,23	2,72	0,90	10
4	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/L	5,85	2,61	<0,84	400
5	Zat Organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/L	18,96	15,80	20,38	10
<b>C. Mikrobiologi</b>						
1	Total Coliform	MPN/100 ml	17x10 <sup>2</sup>	17x10 <sup>2</sup>	14x10 <sup>2</sup>	0
2	<i>E. coli</i>	MPN/100 ml	26x10 <sup>2</sup>	26x10 <sup>2</sup>	17x10 <sup>2</sup>	0

Dari tabel 4.1 tersebut di atas terlihat bahwa tiga sampel yang diuji memiliki jumlah parameter yang melebihi ambang batas dan bervariasi. Dari tiga sampel yang diujiparameter yang melebihi ambang batas dan tidak memenuhi syarat untuk dijadikan air bersih adalah Zat organik (KMnO<sub>4</sub>) dengan kadar 18,96 mg/l, 15,80 mg/l, 20,38 mg/l dari batas maksimal 10 mg/l. Total *Coliform* dengan kadar 17x10<sup>2</sup> MPN/100 ml, 17x10<sup>2</sup> MPN/100 ml, 14x10<sup>2</sup> MPN/100 ml dari batas maksimal 0

MPN/100 ml. *E. coli* dengan kadar  $26 \times 10^2$  MPN/100 ml,  $26 \times 10^2$  MPN/100 ml,  $17 \times 10^2$  MPN/100 ml dari batas maksimal 0 MPN/100 ml.

## **4.2 Analisis Air Hujan**

### **4.2.1 Kekeruhan**

Kekeruhan pada air disebabkan oleh adanya partikel-partikel kecil dan koloid yang berukuran 10 nm sampai 10  $\mu$ m. Partikel-partikel kecil dan koloid tidak lain adalah kwarts, tanah liat, sisa makanan, ganggang, dan sebagainya. Alearts dan Sanitika (1984) dalam Setiawan (2008). Air hujan yang ditampung dari atap berpeluang besar membawa partikel-partikel yang melekat pada atap, gutter (talang air), bahkan debu yang berada di udara akan terikat juga bersama butiran-butiran air hujan yang jatuh. Sebaiknya gutter atau talang air di rancang fleksibel, hal ini dimaksudkan pada saat hujan pertama air dari atap tidak langsung dimasukkan ke bak tetapi dibiarkan dulu terbang dengan maksud untuk mencuci kotoran yang menempel pada atap, gutter, maupun partikel diudara baru selanjutnya di masukkan ke dalam bak penampungan. Begitu juga dengan hujan berikutnya sebaiknya untuk beberapa saat air dibiarkan dulu terbang baru kemudian di masukkan ke dalam bak penampungan, hal ini disebabkan masih adanya kotoran yang tertinggal dan terbawa masuk kedalam bak penampungan air hujan.

Kekeruhan pada sampel air hujan yang diteliti tidak ada melebihi ambang batas yaitu sebesar 1,93 mg/L pada sampel 1, 0,85 mg/L pada sampel 2, 0,86 mg/L pada sampel 3 dari baku mutu yang sudah ditentukan yaitu sebesar 5 mg/L.

### **4.2.2 Warna**

Air minum sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetis dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Secara alamiah air rawa berwarna kuning muda karena adanya tanin, asam humat dan lain-lain. Karena warna menyerupai urine, orang tidak sampai hati mengkonsumsinya

(Waluyo, 2005). Warna perairan biasanya dikelompokkan menjadi 2 yaitu warna sesungguhnya (*true color*) dan warna tampak (*apparent color*). Warna sesungguhnya adalah warna yang hanya disebabkan bahan-bahan kimia terlarut. Warna tampak adalah warna yang tidak hanya disebabkan bahan terlarut tetapi juga oleh bahan tersuspensi.

Warna perairan ditimbulkan adanya bahan organik dan bahan anorganik, karena keberadaan plankton, humus dan ion-ion logam (misalnya besi dan mangan) serta bahan-bahan lain. Kalsium karbonat yang berasal dari daerah berkapur menimbulkan warna hijau pada perairan,. Bahan-bahan organik, misalnya tanin, lignin, dan asam humus yang berasal dari dekomposisi tumbuhan yang mati menimbulkan warna kecoklatan.

Pada Penelitian ini kadar warna menggunakan dengan satuan TCU (*true color unit*) yaitu adalah warna yang ditimbulkan karena adanya bahan-bahan kimia terlarut. Air hujan yang diambil pada *outlet* talang air hujan tidak ada yang melebihi dari baku mutu yang sudah ditentukan yaitu sebesar 15 TCU, dari ketiga sampel yang diuji menunjukkan bahwa kadar warna yaitu sebesar  $< 4,5$  TCU. Adanya kandungan warna pada sampel kemungkinan disebabkan oleh adanya kadar zat organik yang sangat tinggi yaitu sebesar 20,38 mg/l (sampel 3) dengan baku mutu yang ditetapkan sebesar 10 mg/l. Namun pada perbandingan sampel air hujan dan air kran pada kampus UII menunjukkan bahwa sampel air hujan lebih jernih dibandingkan air kran (gambar 4.1).



**Gambar 4. 1 Warna Pada Air Hujan (Kanan) dan Air Kran Pada FTSP (Kiri)**

Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### **4.2.3 TDS (Total Disolved Solid)**

Total Disolved Solid (TDS) atau padatan terlarut total adalah bahan-bahan terlarut dan koloid yang berupa senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 $\mu$ m. TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasa ditemukan diperairan. Nilai TDS perairan sangat dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah dan pengaruh antropogenik (berupa limbah domestik dan industri). Bahan-bahan tersuspensi dan terlarut pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan, terutama TSS dapat meningkatkan nilai kekeruhan. TDS terdapat di dalam air sebagai hasil reaksi dari zat padat, cair, dan gas di dalam air yang dapat berupa senyawa organik maupun anorganik. Substansi anorganik berasal dari mineral, logam, dan gas yang terbawa masuk ke dalam air setelah kontak dengan materi pada permukaan dan tanah. Materi organik dapat berasal dari hasil penguraian vegetasi, senyawa organik, dan gas-gas anorganik yang terlarut.

Total Dissolved Solid pada sampel air hujan yang diteliti tidak melebihi baku mutu yaitu sebesar 35,5 mg/l pada sampel 1, 24 mg/l pada sampel 2, 18mg/l pada sampel 3 dari ambang batas sebesar 1000 mg/l. Total Dissolved Solid (TDS) yang terdapat pada sampel air hujan mempunyai beberapa kemungkinan, yaitu kemungkinan berasal dari pada saat hujan gas yang masuk kedalam air hujan, dan kadar zat organik yang sangat tinggi yaitu sebesar 20,38 mg/l (sampel 3) yang melebihi baku mutu yang ditetapkan sebesar 10 mg/l.

Jumlah zat padat terlarut dapat memberi rasa yang tidak enak pada lidah, rasa mual yang disebabkan oleh natrium sulfat, magnesium sulfat dan dapat menimbulkan cardiac disease toxemia pada wanita hamil (Waluyo, 2005). Kadar zat padat terlarut yang tidak begitu besar dampaknya terhadap kesehatan dan perlu adanya kajian yang lebih mendalam mengenai penyebab utama jumlah zat padat terlarut tersebut.

#### 4.2.4 Besi (Fe)

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemukan pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air (sungai).

Pada umumnya besi yang berada di air bersifat :

1. Terlarut sebagai  $Fe^{2+}$  (Fero) atau  $Fe^{3+}$  (Feri)
2. Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter  $< 1 \mu m$ ) atau lebih besar, seperti  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $FeOOH$ ,  $Fe(OH)_3$  dan sebagainya.
3. Tergabung dengan zat organik atau zat padat yang anorganik (seperti tanah liat)

Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/l, tetapi di dalam air tanah karts, Fe dapat jauh lebih tinggi. Konsentrasi Fe yang tinggi ini dapat dirasakan dan dapat menodai kain dan perkakas dapur. Pada air yang tidak mengandung  $O_2$  seperti air tanah, besi berada sebagai  $Fe^{2+}$  yang cukup dapat terlarut, sedangkan pada air sungai yang mengalir dan terjadi aerasi,  $Fe^{2+}$  teroksidasi menjadi  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  ini sulit larut dalam pH 6 sampai 8 (kelarutannya hanya dibawah beberapa

$\mu\text{g/l}$ ), bahkan dapat menjadi ferihidroksida  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan bias mengendap. Demikian dalam air sungai, besi berada sebagai  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  terlarut dan  $\text{Fe}^{3+}$  dalam bentuk senyawa organik berupa koloidal. Alaerts dan Santika (1984) dalam Setiawan (2008).

Zat besi (Fe) merupakan unsur yang sangat penting dan berguna untuk metabolisme dan juga untuk pembentukan sel-sel darah merah, tubuh membutuhkan 7-35 mg/hari yang tidak hanya diperoleh dari air. Sutrisno (1996) dalam Setiawan (2008).

Akan tetapi dalam dosis besar besi dapat merusak usus, garam besi dapat mengiritasi mukosa lambung terutama pada saat perut dalam keadaan kosong. Debu besi juga dapat terakumulasi di dalam alveolus dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

Besi dalam ion  $\text{Fe}^{2+}$  menjadi  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  yang merupakan endapan (presipitat) yang mengakibatkan kekeruhan dalam air bersih sehingga dapat menimbulkan berbagai gangguan yaitu :

1. Menimbulkan warna kuning dalam air.
2. Pada konsentrasi tinggi menimbulkan rasa dan bau logam.
3. Menimbulkan noda-noda pada pakaian yang berwarna terang dan alat-alat sanitasi.
4. Menyokong pertumbuhan bakteri-bakteri besi.
5. Pada konsentrasi tinggi dapat beracun bagi manusia.

(Sugiharto, 1985 dikutip Wahid, 2006 dalam Setiawan, 2008)

Pada penelitian ini kadar besi yang terdapat pada ketiga sampel yang diuji mempunyai kadar Besi  $< 0,06 \text{ mg/L}$ . Dari ketiga sampel tersebut kadar Fe tidak ada yang melebihi ambang batas yang ditentukan sebesar  $1,0 \text{ mg/L}$ , dan berarti air tersebut memenuhi salah satu persyaratan sebagai air bersih dan juga kadar Besi pada sampel dibawah ambang batas uji. Dikarenakan unsur besi merupakan unsur yang

penting dalam tanah dan apabila terdapat dalam air akan berada pada sumber air tanah, maka wajar bila pada air hujan konsentrasinya relatif kecil. Polutan besi yang terdapat pada air hujan yang kemungkinan berasal dari pencemar lingkungan. Seperti disebutkan bahwa sejumlah besar logam berat dapat terisolasi pada tumbuhan tinggi, diantaranya dibutuhkan sebagai unsur mikro (Fe, Mn, dan Zn) dan logam berat lainnya yang belum diketahui fungsinya dalam metabolisme tumbuhan seperti Pb, Cd, Ti, dan lain-lain (Smith 1981 dikutip oleh Siregar, 2005 dalam Setiawan 2008). Belum dapat diketahui secara pasti seberapa besar masing-masing polutan tersebut memberikan kontribusi ke dalam air hujan, tetapi tidak menjadikan sebuah permasalahan utama karena kandungan zat besi tidak terlalu besar dan masih memenuhi syarat sebagai air bersih.

#### **4.2.5 Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )**

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) adalah senyawa nitrogen organik utama bersama ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dalam air. Maka nitrat adalah senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah maupun air yang terdapat dipermukaan. Pencemaran oleh pupuk nitrogen, termasuk amonia anhidrat seperti juga sampah organik hewan maupun manusia, dapat meningkatkan kadar nitrat di dalam air. (Thompson, 2004 dikutip Harry, 2006 dalam Setiawan 2008).

Pada pengujian dari ketiga sampel menunjukkan kadar nitrat yang kecil kurang dari 1,5 mg/l dari batas maksimal 10 mg/l yaitu 2,32 mg/l pada sampel 1, 2,72 mg/l pada sampel 2, 0,90 mg/l pada sampel 3.

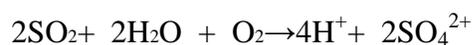
Nitrat pada sampel air hujan yang diuji tidak terlalu besar kemungkinan berasal dari proses alami dalam siklus nitrogen yaitu melalui proses nitrifikasi mengingat kandungan zat organik juga terdapat pada air sampel sehingga dimungkinkan adanya bakteri nitrifikasi yang terkontaminasi. Dengan kadar nitrat yang tidak terlalu besar tersebut tidak membawa dampak kesehatan yang mengkhawatirkan sebab dosis dari nitrat pada orang dewasa adalah sekitar 4 sampai 30 g (atau sekitar 40 sampai 300 mg  $\text{NO}_3^-$  /kg). dosis antara 2 sampai 9 g  $\text{NO}_3^-$  dapat

mengakibatkan methemoglobinemia. Nilai ini setara dengan 33 sampai 150 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> /kg (Ruse, 1999 dikutip Harry, 2006 dalam Setiawan, 2008).

Tinggi kadar nitrat pada air minum terutama yang berasal dari sungai atau dari sumur di dekat pertanian sangat berbahaya bila di konsumsi oleh bayi karena dapat menimbulkan keracunan akut. Bayi yang baru berumur beberapa bulan belum mempunyai keseimbangan yang baik antara usus dengan bakteri usus. Sebagai akibatnya, nitrat yang masuk dalam saluran pencernaan akan langsung dirubah menjadi nitrit yang kemudian berikatan dengan hemoglobin dan membentuk methemoglobin. Ketidakmampuan tubuh bayi untuk mentoleransi adanya methemoglobin yang terbentuk dalam tubuh mereka akan mengakibatkan timbulnya sianosis pada bayi. Pada anak-anak yang telah berumur 6 bulan atau lebih dan orang dewasa, nitrat diabsorpsi dan disekresikan sehingga resiko untuk keracunan nitrat jauh lebih kecil. Methemoglobinemi adalah kondisi dimana berkurangnya kemampuan hemoglobin dalam darah sebagai pembawa oksigen karena terikat oleh nitrit. Sesungguhnya untuk nitrat belum ada penjelasan mengenai toksitasnya seandainya tidak berubah menjadi nitrit.

#### 4.2.6 Sulfat ( SO<sub>4</sub> )

Sulfat (SO<sub>4</sub>) secara alamiah terdapat pada sejumlah mineral dan digunakan secara komersial dalam industri kimia. Secara umum, makanan juga merupakan sesuatu yang terkena atau sumber sulfat (Waluyo, 2005). Dalam air ion sulfat dapat berasal dari banyak sumber. Oksidasi dari mineral-mineral sulfide yang dipengaruhi oleh mikroorganisme, seperti pyrite, FeS<sub>2</sub> menghasilkan sulfat. Sulfat juga berasal dari pencemaran udara yang cukup berat oleh gas SO<sub>2</sub> yang kemudian mengalami oksidasi diudara :



Adanya H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diatmosfer inilah yang menyebabkan terjadinya hujan asam yang kadang pH-nya mencapai 4 (Achmad, 2004).

Pada pengujian awal kandungan sulfat ( $\text{SO}_4$ ) jauh dibawah ambang batas yang ditentukan sebesar 400 mg/l. Kandungan ketiga sampel adalah sebagai berikut : sampel 1 memiliki kadar sulfat 5,85 mg/l, sampel 2 sebesar 2,61 mg/l, sampel 3 sebesar < 0,84 mg/l. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa air yang di uji memenuhi salah satu syarat sebagai air bersih. Kandungan sulfat ( $\text{SO}_4$ ) tersebut kemungkinan besar berasal dari kontaminasi adanya sulfat ( $\text{SO}_4$ ) berasal dari oksidasi gas  $\text{SO}_2$  akibat pencemaran udara juga memberikan kontribusi terdapatnya sulfat namun dengan hasil yang sangat kecil.

#### 4.2.7 Zat Organik ( $\text{KMnO}_4$ )

Zat organik yang terdapat pada air hujan saat pengujian semuanya tidak memenuhi syarat sebagai air bersih, nilainya juga sangat tinggi jauh dari batas yang ditentukan. Pada sampel 1 memiliki kadar zat organik sebesar 18,96 mg/L, sampel 2 sebesar 15,80 mg/L, sampel 3 sebesar 20,38 mg/L, dari ketiga sampel yang sudah diuji melebihi baku mutu yang sudah ditentukan yaitu sebesar 10 mg/L dari ketentuan Permenkes nomor 416 tahun 1990. Zat organik merupakan parameter kimia yang langsung berpengaruh pada kesehatan. Dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI tahun 2002 disebutkan kadar zat organik maksimum yang diperbolehkan secara terperinci dan dibagi lagi menjadi 24 unsur dengan satuan  $\mu\text{g/l}$  sedangkan dalam pengujian di laboratorium metode pengujian yang digunakan adalah titrasi kalium permanganate ( $\text{KMnO}_4$ ). Dari titrasi tersebut zat organik dihitung sebagai angka kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) dengan satuan mg/l  $\text{KMnO}_4$  yang artinya pengujian tersebut untuk mengetahui kandungan zat organik secara keseluruhan bukan tiap unsur seperti pada Permenkes nomor 416 tahun 1990. Untuk mengetahui kadar zat organik secara keseluruhan berarti harus menjumlahkan batas maksimal ke 24 unsur tersebut dan dikonversikan ke dalam satuan mg/L  $\text{KMnO}_4$  ,sehingga diperoleh angka 10 mg/L  $\text{KMnO}_4$ .

Zat organik yang sangat tinggi pada sampel air hujan kemungkinan berasal dari polutan-polutan yang terkontaminasi pada saat proses pemanenan air hujan,

kejadian seperti ini terus-menerus terjadi dikarenakan saat proses pemanenan air hujan tidak memenuhi syarat yaitu pada bagian area tangkapan (atap) dan *Gutter* kebersihannya yang tidak bisa dijaga dari kotoran hewan ataupun dari polutan-polutan lainnya.



**Gambar 4. 2 Kotoran Hewan Pada *Catchment Area***

Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4.2.8 pH

Nilai pH suatu perairan mencirikan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Adanya karbonat, hidroksida dan bikarbonat menaikkan kebasaan air, sementara adanya asam-asam mineral bebas dan asam karbonat menaikkan keasaman. Pembatasan pH dilakukan karena akan mempengaruhi rasa, korosifitas air dan efisiensi klorinasi. Beberapa senyawa dan basa lebih toksik dalam bentuk molekuler, dimana disosiasi senyawa-senyawa tersebut dipengaruhi oleh pH (Hanum, 2002 dalam Setiawan, 2008). pH yang lebih kecil dari 6,5 menimbulkan rasa tidak enak dan dapat menyebabkan korosifitas pada pipa-pipa air dan menyebabkan beberapa bahan kimia berubah menjadi racun sehingga mengganggu kesehatan (Waluyo, 2005 dalam Setiawan 2008).

Melihat hasil pengujian awal pada air hujan yang berjumlah 5 sampel memiliki kecenderungan sifat basa dengan pH diatas 7 yaitu 7,43 untuk sampel 1, sampel 2 sebesar 7,68, sampel 3 dengan pH 7,71. Dari tiga sampel yang diuji masih memenuhi syarat sebagai air bersih dari batas diperbolehkan 6,5 – 8,5 sesuai Permenkes nomor 416 tahun 1990. Air hujan murni mempunyai kandungan pH 5,6 – 5,7. Kenapa pH pada sampel menjadi diatas kandungan pH mempunyai kandungan asam hal ini kemungkinan disebabkan dari kandungan mineral-mineral tertentu di dalam air, umumnya ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam bentuk garam karbonat dan kesadahan juga bisa merupakan ion logam lain maupun garam-garam bikarbonat dan sulfat.

#### **4.2.9 Total *Coliform* dan *E-coli***

Bakteri yang tidak asing ini sebagian besar berasal dari feses baik manusia maupun hewan. Bakteri ini sangat cepat berkembang biak pada media yang memungkinkan untuk berkembang biak terutama air. Bakteri Coli merupakan parameter biologis dan bisa berdampak langsung terhadap kesehatan, oleh sebab itu dalam Peraturan Menteri Kesehatan nomor 416 tahun 1990 disebutkan kadar maksimal diperbolehkan adalah 0 MPN /100ml.

Pada penelitian ini kadar Total *Coliform* sangat tinggi yaitu pada sampel 1 dan 2 mempunyai kadar yang sama yaitu sebesar  $17 \times 10^2$  MPN/100 mL dan sampel 3 sebesar  $14 \times 10^2$  MPN/100 mL. Kadar *E.coli* juga mempunyai kadar yang sangat tinggi yaitu pada sampel 1 sebesar  $26 \times 10^2$  MPN/100 mL, sampel 2 sebesar  $27 \times 10^2$  MPN/100 mL, dan sampel 3 sebesar  $17 \times 10^2$  MPN/100mL. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar Total *Coliform* dan *E.coli* melebihi kadar maksimum yang ditentukan yaitu sebesar 0 MPN/100mL dengan mengacu pada Permenkes nomor 416 tahun 1990.

Keberadaan *Bakteri Coli* pada sampel air hujan sangat mungkin terjadi pada saat proses pemanenan air hujan yaitu kemungkinan berasal dari area tangkapan air hujan (*catchment area*), *Gutter* (talang), dan pada pipa air hujan. Hal ini kemungkinan dikarenakan banyaknya kotoran hewan ataupun polutan-polutan lainnya.



**Gambar 4. 3 Keadaan Gutter Yang Kotor**

Sumber : Dokumentasi Pribadi

### **4.3 Perbandingan Kualitas Air Hujan Dengan Air Kran**

Pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa kualitas air kran memiliki kadar Besi (Fe) yang cukup tinggi dan melebihi kadar baku mutu yaitu sebesar 0,81 mg/L dan kadar Kekeruhan juga yang cukup tinggi yaitu 5,8 NTU.

Melihat kadar Besi pada sampel air hujan tidak melebihi kadar baku mutu dan mempunyai kadar Besi yang sangat rendah, hal bisa memberikan manfaat pada air kran, yaitu apabila air hujan di campur dengan air kran maka akan terjadi proses pengenceran, sehingga akan mempunyai kemungkinan kadar Besi pada air kran akan menurun.

Tabel 4. 1 Perbandingan Kualitas Air Hujan dan Kulalitas Air Kran

No.	Parameter	Satuan	Air Hujan	Air Kran UII	Baku Mutu Permenkes No 416 Tahun 1990
<b>A. Fisik</b>					
1	Temperatur	°C	26	26	Deviasi 3
2	Kekeruhan	NTU	0,86	5,8	5
3	Warna	NTU	< 4,5	-	15
4	Total Disolved Solid (TDS)	mg/L	18	238	1000
<b>B. Kimia</b>					
1	pH	-	7,71	7,1	6 - 8,5
2	Besi (Fe)	mg/L	< 0,06	0,81	0,3
3	Nitrat (NO-3)	mg/L	0,90	-	10
4	Mangan	mg/L	-	0,07	0,5
5	Sulfat	mg/L	<0,84	-	400
6	Zat Organik (KMnO4)	mg/L	20,38	-	10
<b>C. Mikrobiologi</b>					
1	Total Coliform	MPN/100 ml	14x10	58	0
2	<i>E. coli</i>	MPN/100 ml	26x10	58	0

\*Kualitas Air Kran Bersumber Dari : Laboratorium JTL UII

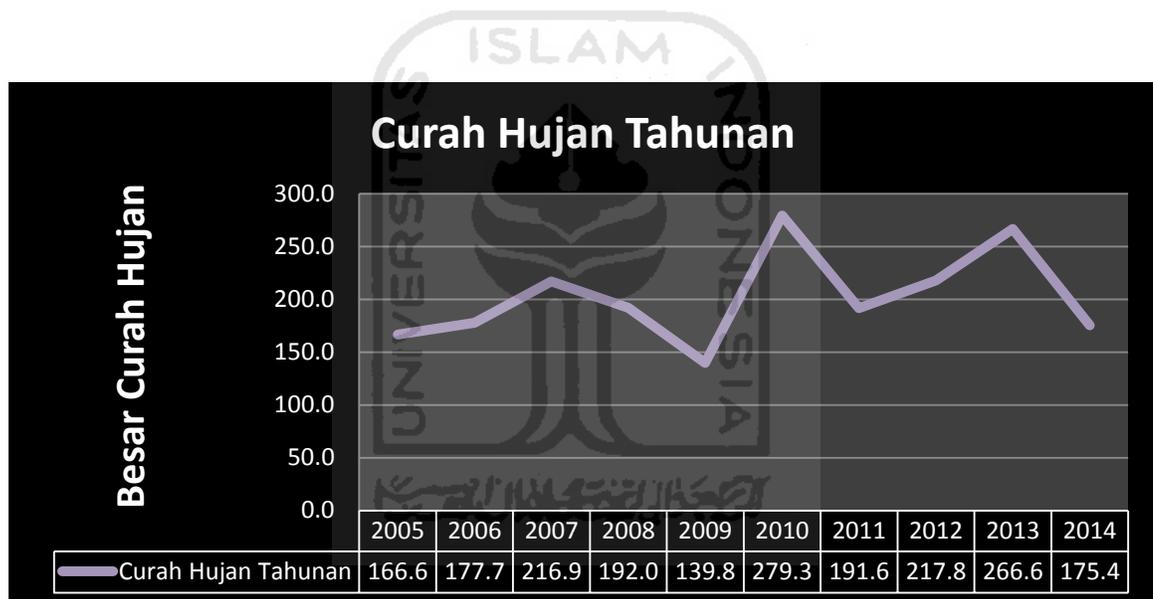
Ket : - : Tidak di Uji

## BAB V

### PERENCANAAN RAINWATER HAVESTING (RWH)

#### 5.1 Data Curah Air Hujan

Data curah hujan yang digunakan untuk perhitungan adalah data dari stasiun terdekat dari lokasi yang ditinjau dalam hal ini adalah data curah hujan dari stasiun Gondangan, Desa Sardonoarjo, Kecamatan Ngaglik, Sleman.



Gambar 5. 1 Grafik Curah Hujan Tahunan ( 2005 – 2014)

Sumber : BMKG Yogyakarta

##### 5.1.1 Analisis Hidrologi

###### a) Analisis Intensitas Hujan Rencana

Pada penelitian ini, dalam melakukan sebuah analisa frekuensi diperlukan data curah hujan yaitu curah hujan maksimum. Untuk menghitung curah hujan rencana yaitu dengan metode distribusi Gumbel.

**Tabel 5. 1 Curah Hujan Harian Maksimum**

No	Tahun	R	(R-r)	(R-r)^2
1	2005	166.58	-116.594	13594.27
2	2006	177.67	-105.511	11132.6
3	2007	216.92	-66.2611	4390.538
4	2008	192.00	-91.1778	8313.391
5	2009	139.83	-143.344	20547.64
6	2010	279.25	-3.9278	15.42761
7	2011	191.58	-91.5945	8389.546
8	2012	217.83	-65.3445	4269.899
9	2013	266.58	-16.5945	275.3763
10	2014	175.42	-107.761	11612.46
Rata-rata		202.37		
St. Dev		43.76294		

- **Menghitung Rata-rata Curah Hujan**

$$\bar{X} = \frac{2023,67}{10} = 202,37$$

- **Menghitung Standar Deviasi**

$$SD = 43,76$$

**Tabel 5. 2 Data Periode Ulah Hujan (PUH)**

PUH	Yt	Yn	Sn	S	Xt
2	0.3665	0.5202	1.0493	43.76294	276.77
5	1.4999	0.5202	1.0493	43.76294	324.04

- **Menentukan Yn dan Sn (dilihat dari tabel)**

$$Y_n = 0.5202$$

$$S_n = 1.0493$$

- **Menghitung  $Y_t$**

$$Y_t = - \left[ \text{Ln} \times \text{Ln} \frac{T}{T-1} \right]$$

$$Y_t = - \left[ \text{Ln} \times \text{Ln} \frac{2}{2-1} \right]$$

$$= 0.3665$$

- **Menghitung  $X_t$**

$$\begin{aligned} X_t &= \bar{X} + \frac{SD}{S_n} (Y_t - Y_n) \\ &= 202,37 + \frac{43,76}{1.0493} (0.3665 - 0.5202) \\ &= 276,77 \end{aligned}$$

**b) Intensitas Curah Hujan**

Besarnya intensitas hujan berbeda-beda yg disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya dan untuk mendapatkan intensitas hujan pada durasi tertentu dapat digunakan beberapa cara yaitu dengan menggunakan metode Hasper&Weduwen dan .metode Talbot.

**Tabel 5. 3 Data Intensitas Hujan Dengan Menggunakan Metode Hasper&Weduwen.Untuk PUH 2 Tahun**

t (menit)	t (jam)	Xt	Ri	Rt	I
5	0.083333	276.77	119.647	47.453	569.435
10	0.166667	276.77	160.693	66.252	397.514
20	0.333333	276.77	209.220	91.406	274.218
30	0.5	276.77	236.959	109.341	218.683
40	0.666667	276.77	254.910	123.447	185.170
60	1	276.77		144.946	144.946
80	1.333333	276.77		160.983	120.738
120	2	276.77		183.880	91.940

**Tabel 5. 4 Data Intensitas Hujan Dengan Menggunakan Metode Hasper&Weduwen.Untuk PUH 5 Tahun**

t (menit)	t (jam)	Xt	Ri	Rt	I
5	0.083333	324.04	125.021	55.558	666.691
10	0.166667	324.04	172.764	77.568	465.407
20	0.333333	324.04	232.893	107.018	321.053
30	0.5	324.04	269.213	128.016	256.033
40	0.666667	324.04	293.528	144.531	216.796
60	1	324.04		169.702	169.702
80	1.333333	324.04		188.479	141.359
120	2	324.04		215.286	107.643

- **Menghitung Ri**

$$\begin{aligned}
 R_i &= X_t \left( \frac{1218.t + 59}{X_t(1-t) + 1272t} \right) \\
 &= 276,77 \times \left( \frac{1218,0,083333 + 59}{276,77(1 - 0,83333) + 1272,0,83333} \right) \\
 &= 119,647
 \end{aligned}$$

- **Menghitung Rt**

$$R_t = \sqrt{\frac{11300t}{t + 3,12}} \cdot \frac{X_t}{100}$$

$$= \sqrt{\frac{11300.0,83333}{0,83333 + 3,12}} \cdot \frac{276,77}{100}$$

$$= 47,453$$

- **Menghitung I**

$$I = \frac{R'}{t}$$

$$= \frac{47,453}{0,83333}$$

$$= 569,435 \text{ mm / jam}$$

Dari table 5.5 dan 5.6 didapatkan nilai intensitas hujan untuk berbagai durasi hujan menggunakan metode Hasper&Weduwen dan Talbot. Semakin lama durasi hujan maka nilai intensitas hujan akan semakin kecil, ini mengindikasikan bahwa semakin pendek jangka waktu curah hujan makin besar intensitasnya karena hujan tidak selalu kontinu, kadang berhenti kadang melemah dan jika jangka waktu curah hujan itu panjang maka intensitas akan kecil. Pada perencanaan ini menggunakan metode Talbot PUH 2, dengan asumsi durasi hujan 1 jam didapatkan intensitas hujan sebesar 144,74 mm/jam dan untuk perhitungan PUH 5 hanya sebagai pembanding intensitas hujan dengan PUH 2 karena pada volume air hujan sudah memenuhi dan menghemat biaya kontruksi.

**Tabel 5. 5 Analisis Lengkung Hujan Berdasarkan Metode Hasper-Weduwen Dan Metode Talbot PUH 2**

PUH 2				
NO	t (menit)	t (jam)	I Hasper Weduen	I Talbot
1	5	0.08	569.435	517.542
2	10	0.17	397.514	419.353
3	20	0.33	274.218	304.002
4	30	0.50	218.683	238.420
5	40	0.67	185.170	196.113
6	60	1.00	144.946	144.744
7	80	1.33	120.738	114.700
8	120	2.00	91.940	81.052

**Tabel 5. 6 Analisis Lengkung Hujan Berdasarkan Metode Hasper-Weduen Dan Metode Talbot PUH 5**

PUH 5				
NO	t (menit)	t (jam)	I Hasper Weduen	I Talbot
1	5	0.08	605.936	666.691
2	10	0.17	490.977	465.407
3	20	0.33	355.924	321.053
4	30	0.50	279.141	256.033
5	40	0.67	229.608	216.796
6	60	1.00	169.465	169.702
7	80	1.33	134.290	141.359
8	120	2.00	94.896	107.643

- Menghitung Nilai a dan b (PUH 2)

$$a = \frac{(\sum I.t)(\sum I^2) - (\sum I^2.t)(\sum I)}{n.(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$= \frac{(927.7085 \times 683618.3) - (182544.4)(2002.643)}{8(683618.3) - (2002.643)^2}$$

$$= 184.197$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I.t) - n(\sum I^2.t)}{n.(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$= \frac{(2002.643)(927.7085) - 8(182544.4)}{8.(683618.3) - (2002.643)^2}$$

$$= 0.272$$

- Intensitas Curah Hujan (PUH 2)

$$I = \frac{a}{(t + b)}$$

$$= \frac{184.197}{(1 + 0.272)}$$

$$= 144,74 \text{ mm / jam}$$

## 5.2 Volume Air Hujan

Dalam penjelasan ini, volume air hujan dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Volume air hujan yang dapat dimanfaatkan pada lingkungan Universitas Islam Indonesia.
2. Volume air hujan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan sebagai pemanfaatan dan perencanaan PAH.

### 5.2.1. Volume Air Hujan Di Lingkungan Universitas Islam Indonesia

Dengan menggunakan persamaan 3.1 maka didapat volume air hujan yang dapat ditampung pada gedung-gedung Universitas Islam Indonesia yang dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut ini :

**Tabel 5. 7 Volume Air Hujan Pada Universitas Islam Indonesia**

Gedung	Luas Atap (m <sup>2</sup> )	$\alpha$	$\beta$	I (m)	t (jam)	V (m <sup>3</sup> )
FTSP	1638	1	0.75	0.144	1.00	176.90
Lab. Terpadu	1328	1	0.75	0.144	1.00	143.42
Rektorat	998	1	0.75	0.144	1.00	107.78
Ulil Albab	1555	1	0.75	0.144	1.00	167.94
Dokter & FPSB	1905	1	0.75	0.144	1.00	205.74
FTI	2035	1	0.75	0.144	1.00	219.78
FMIPA	1507	1	0.75	0.144	1.00	162.76
FIAI	1221	1	0.75	0.144	1.00	131.87
Perpustakaan Pusat	1311	1	0.75	0.144	1.00	141.59
D3 EKONOMI	1302	1	0.75	0.144	1.00	140.62
<b>Total</b>						<b>1598.40</b>

Sumber : Hasil Analisis Data

Dari tabel 4.8 dapat dilihat volume air hujan yang dapat ditampung dari gedung-gedung Universitas Islam Indonesia yaitu sebesar 1598,40 m<sup>3</sup>. Data yang didapatkan dari *Badan Pengelola Aset* (BPA) diketahui bahwa pada tahun 2015 mahasiswa yang ada pada Universitas Islam Indonesia Terpadu berjumlah 15429 orang dan karyawan berjumlah 815 orang dengan mengacu pada Ditjen Dinas Karya PU Tahun 1996 kebutuhan air bersih untuk fasilitas pendidikan adalah 10 L/org/hari. Dengan melakukan perhitungan kebutuhan air berdasarkan jumlah orang yang ada pada Universitas Islam Indonesia sehingga didapatkan jumlah kebutuhan air bersih yaitu sebesar 4873 m<sup>3</sup>/bulan.

Membandingkan volume air hujan dengan kebutuhan air bersih pada Universitas Islam Indonesia, air hujan yang dapat ditampung sangat besar ataupun sangat mencukupi dan dari bab sebelumnya juga sudah dijelaskan bahwa kualitas air hujan lebih bersih dibandingkan dengan kualitas air kran yang digunakan pada Universitas Islam Indonesia. Oleh karena itu volume air hujan sangat mencukupi dan baik sebagai alternative mengganti atau sebagai cadangan air bersih untuk kebutuhan air bersih yang selama ini Universitas Islam Indonesia menggunakan air bersih dari PDAM dan air sumur.

### **5.2.2 Volume Air Hujan Pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**

Untuk pemanfaatan dan perencanaan air hujan dikhususkan pada gedung Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, pada perencanaan ini tidak semua air hujan yang ditampung dimanfaatkan untuk kebutuhan air bersih karena air hujan yang ditampung disesuaikan untuk kebutuhan air bersih dan kapasitas reservoir RWH.

Untuk mengetahui jumlah kebutuhan air bersih pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dilihat dari jumlah orang yang ada pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, data yang didapatkan dari *Badan Pengelola Aset* (BPA) jumlah mahasiswa tahun 2015 pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan berjumlah 2884 orang dan karyawan berjumlah 131 orang dengan kebutuhan air bersih per harinya rata-rata berkisar 10 L/org. Sehingga dapat diketahui bahwa dengan jumlah orang

yang ada pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan kebutuhan air bersih yaitu sebesar  $30 \text{ m}^3/\text{hari}$  atau  $900 \text{ m}^3/\text{bulan}$ .

Volume air hujan yang dapat ditampung pada gedung Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yaitu sebesar  $177 \text{ m}^3$  dengan luas *cathment area* sebesar  $1638 \text{ m}^2$  namun volume air hujan yang dimanfaatkan sebesar  $87 \text{ m}^3$  dengan *cathment area*  $810 \text{ m}^2$  saja (Tabel 4.9), hal ini dikarenakan dengan kapasitas reservoir  $90 \text{ m}^3$ , volume air hujan yang dimanfaatkan menyesuaikan dengan kebutuhan air bersih.

**Tabel 5. 8 Volume Air Hujan Pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**

Gadung	Luas Atap (m <sup>2</sup> )	$\alpha$	$\beta$	I (m)	t (jam)	V (m <sup>3</sup> )
FTSP	1638	1	0.75	0.144	1.00	176.90
	810	1	0.75	0.144	1.00	87.48

Sumber : Hasil Analisis Data

### 5.3 Perencanaan Perpipaan Air Hujan

#### 5.3.2 Pipa Air Hujan Eksisting

Pipa air hujan eksisting menggunakan pipa PVC dengan diameter pipa 4" (100 mm) dan system pengaliran air hujan pada pipa air hujan eksisting di alirkan langsung ke darinase (Gambar 4.4) lalu ada yang dialirkan ke drainase yang lebih besar dan juga dialirkan ke sumur resapan yang ada di FTSP yang berfungsi sebagai mengurangi genangan air pada saat hujan. FTSP mempunyai 11 sumur resapan untuk air hujan yang berdiameter 1,2 m dengan kedalam 4 m, untuk mengetahui sistem drainase air hujan, perpipaan air hujan eksisting dan sumur resapan yang ada di FTSP dapat dilihat pada lampiran gambar 5 dan 6.



**Gambar 5. 2 Outlet Pipa Air Hujan**  
Sumber : Dokumentasi Pribadi



**Gambar 5. 3 Sistem Perpipaian Air Hujan Eksisting**  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

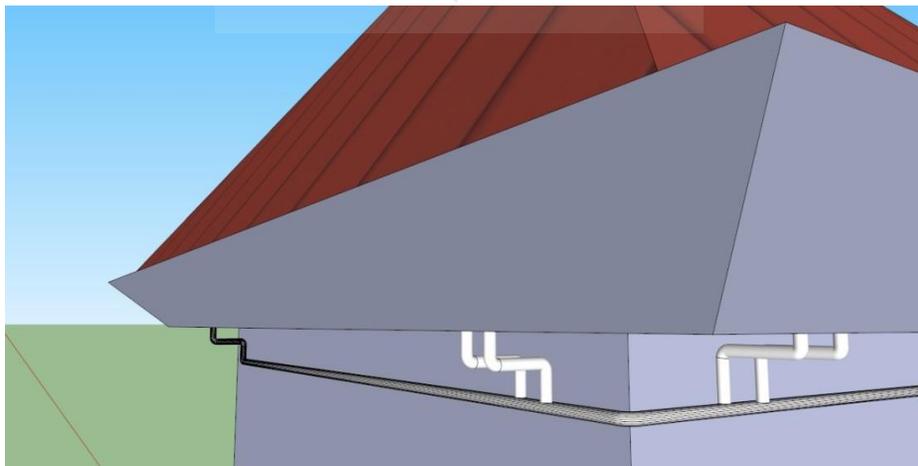


**Gambar 5. 4 Sumur Resapan FTSP**

Sumber : Dokumentasi Pribadi

### 5.3.2 Perencanaan Pipa RWH

Perencanaan perpipaan air hujan untuk sistem RWH, hanya mengubah sedikit dari pipa eksisting, tetap menggunakan pipa PVC dan pipa air hujan di hubungkan dengan satu sama lain lalu di alirkan ke reservoir dan dialirkan ke unit pengolahan, untuk mengetahui lebih jelas bagaimana sistem jaringan perpipaan air hujan dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan pada lampiran Gambar 1, 2, 3, 4 dan 7.



**Gambar 5. 5 3D Sketchup Sistem Perpipaan RWH**

Sistem jaringan pipa air hujan pada system jaringan pipa 1 – A dan 2 - B dengan debit sebesar 0,015 m<sup>3</sup>/s dan 0,014 m<sup>3</sup>/s didapatkan diameter pipa sebesar 0,1 m (4”) dan sistem jaringan pipa air hujan pada notasi A – B dengan debit 0,03 m<sup>3</sup>/s didapatkan diameter pipa sebesar 0,2 m (8”).

**Tabel 5. 9 Diameter dan Debit Air Hujan**

Notasi	Luas Atap (ha)	Intensitas Hujan (mm/jam)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	D (m)
1 – A	0.042	144.74	0.015	0.1
2 – A	0.039	144.74	0.014	0.1
A – B	0.081	144.74	0.030	0.2

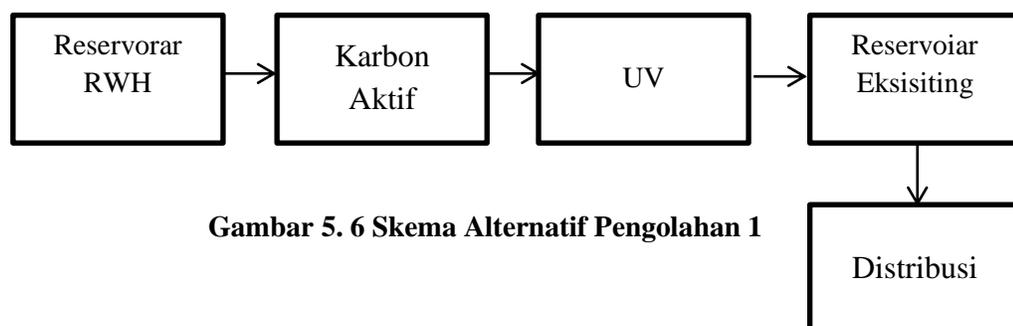
Sumber : Hasil Analisis Data

Apabila air hujan sudah memenuhi reservoir RWH, air hujan yang ada di reservoir RWH akan mengalir kesumur resapan dengan melalui saluran pelimpah. Untuk mengetahui lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran Gambar 4 dan 7.

#### 5.4 Unit Pengolahan

Pada hasil kualitas air hujan (Tabel 4.1) menunjukkan bahwa parameter yang melebihi baku mutu yang sudah ditentukan Permenkes No 416 Tahun 1990 yaitu parameter biologis Zat Organic, Total *Coliform* dan *E.coli*. Sehingga untuk merencanakan system RWH memerlukan unit pengolahan. Pada Penelitian ini unit pengolahan menggunakan yang sudah ada dipasaran dan alternative unit pengolahan dilakukan penyusunan 3 unit pengolahan yang bertujuan untuk mengetahui alternative unit pengolahan yang lebih efisien dan ekonomis.

##### 5.4.1 Alternatif Unit Pengolahan 1



**Gambar 5. 6 Skema Alternatif Pengolahan 1**





**Gambar 5. 7 Unit Ultraviolet**

Sumber : Konche (Shenzhen) Water Treatment

**Tabel 5. 11 Spesifikasi Unit Ultraviolet**

Model	Kapasitas	Lampu UV (kWh)	Dimensi	Inlet & stopkontak (mm)
KCF-80W	2 m <sup>3</sup> /jam	0,8	920*102*210	DN25

Sumber : Konche (Shenzhen) Water Treatment

#### b. Karbon Aktif

Filter karbon aktif ini berfungsi untuk menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, deterjen, bau, senyawa phenol serta untuk menyerap logam berat dan lain-lain. Pada saringan arang aktif ini terjadi proses adsorpsi, yaitu proses penyerapan zat-zat yang akan dihilangkan oleh permukaan arang aktif. Apabila seluruh permukaan arang aktif sudah jenuh, atau sudah tidak mampu lagi menyerap maka proses penyerapan akan berhenti, dan pada saat ini arang aktif harus diganti dengan arang aktif yang baru. Karbon aktif ini diutamakan untuk menghilangkan polutan zat organik pada air hujan, karena sampel air hujan yang diuji memiliki kandungan polutan zat organik yang sangat tinggi. Efisiensi removal pada zat organik dengan menggunakan karbon aktif mencapai 70,11 % (Astrari, 2009).



**Gambar 5. 8 Filter Karbon Aktif**

Sumber : Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan

**Tabel 5. 12 Spesifikasi Unit Filter Karbon Aktif**

Kapasitas	Ukuran	Material	Inlet/outlet	System	Media Filter	Media Penahan
1,8 m <sup>3</sup> /jam	10" X 120 cm	FRP	3/4"	Semia Auto Backwash	Karbon Aktif Granular	Gravel

Sumber : Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan

#### c. Prakiraan Biaya Operasional dan Biaya Perawatan

Biaya pada alternatif unit pengolahan 1 meliputi biaya listrik dan biaya operasional dan pemeliharaan dapat dilihat pada Tabel 5.13.

**Tabel 5. 13 Prakiraan Biaya Operasional dan Biaya Perawatan**

No	Jenis	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Total
1	Listrik UV	kwh	Rp. 1,352	0,8 kwh	Rp. 227,136
2	Operasional dan Pemeliharaan	Bulan	Rp. 150,000	1 bulan	Rp. 150,000
<b>Total Biaya Operasional</b>					<b>Rp. 377,136</b>

\*Ket : Jam Operasional 7 Jam

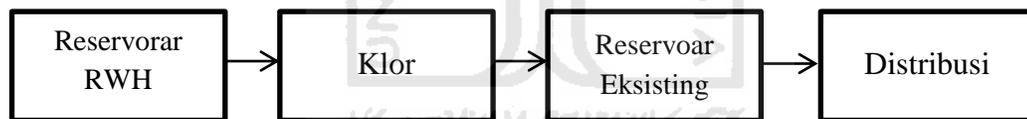
#### d. Prakiraan Biaya Investasi Awal

Prakiraan biaya investasi awal dapat dilihat pada Tabel 5.14.

**Tabel 5. 14 Prakiraan Biaya Investasi Awal**

No	Jenis	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Ultraviolet	Unit	1	Rp. 5,600,000	Rp. 5,600,000
2	Karbon Aktif	Unit	1	Rp. 3,800,000	Rp. 3,800,000
3	Biaya pembuatan bangunan p=3 l=3 t=3 untuk peletakan unit dan material pelengkap	Unit	1	Rp. 35,000,000	Rp. 35,000,000
4	Biaya Pemasangan Unit	Unit	2	Rp. 1,500,000	Rp. 3,000,000
5	Alat dan Bahan Tambahan			Rp. 1,500,000	Rp. 1,500,000
<b>Total Biaya Investasi Awal</b>					<b>Rp. 47,400,000.00</b>

#### 5.4.2 Alternatif Unit Pengolahan 2

**Gambar 5. 9 Skema Alternatif Pengolahan 2**

Klorinasi merupakan salah satu bentuk pengolahan air yang bertujuan untuk membunuh kuman dan mengoksidasi bahan-bahan kimia dalam air. klorin dalam membunuh kuman yaitu penambahan klorin dalam air akan memurnikannya dengan cara merusak struktur sel organisme, sehingga kuman akan mati. Dalam dosis 0,4 s.d. 0,5 mg/lit klor dan waktu kontak 30 menit, klor dapat membunuh 99% bakteri dan virus sehingga dapat menghasilkan air bersih. Namun demikian proses tersebut hanya akan berlangsung bila klorin mengalami kontak langsung dengan organisme tersebut. Jika air mengandung lumpur, bakteri dapat bersembunyi di dalamnya dan tidak dapat dicapai oleh klorin (Idaman, 2007).

Kadar yang ada pada sampel air hujan memiliki kadar mikroorganisme dan organik yang cukup tinggi oleh karena itu untuk unit pengolahan klor ini sangat relevan untuk pengolahan air hujan ini, karena unit pengolahan klor ini dapat meremoval kadar mikroorganisme dan zat organik hingga 90%. Bentuk klor yang digunakan pada unit pengolahan klor ini menggunakan bentuk padat yaitu kaporit ( $\text{Ca(OCl)}_2$ ).

Berikut adalah perhitungan unit pengolahan air hujan dengan menggunakan klor :

▪ Data Perencanaan:

- Debit (Q) : 0,03 m<sup>3</sup>/s = 30 l/s
- Jumlah Bak Pembunuh : 1 buah
- Kadar Klor dalam Kaporit : 60%
- Berat Jenis Kaporit : 0,86 kg/l
- Konsentrasi Larutan (Cl) : 5%
- Break Point Clorint (BPC) : 1,2 mg/l
- Sisa Klor : 0,2 mg/l – 0,4 mg/l  
: 0,4 mg/l
- Dosis Klor : 1,2 mg/l + 0,4 mg/l  
: 1,6 mg/l

▪ Desain

- Kebutuhan Kaporit

$$= \left(\frac{100}{60}\right) \times \text{dosis klor} \times Q$$

$$= \left(\frac{100}{60}\right) \times 1,6 \text{ mg/l} \times 30 \text{ l/s}$$

$$= 80 \text{ mg/s}$$

$$= 7 \text{ kg/hari}$$

- Volume Kaporit

$$= \left(\frac{\text{Kebutuhan Kaporit}}{\text{Berat Jenis Kaporit}}\right)$$

$$= \left( \frac{7 \text{ kg/hari}}{0,86 \text{ kg/l}} \right)$$

$$= 8,1 \text{ l/hari}$$

- Volume Pelarut

$$= \frac{(100\% - 5\%)}{5\%} \times 8,1 \text{ l/hari}$$

$$= 154 \text{ l/hari}$$

- Volume Larutan Kaporit

$$= \text{Volume Kaporit} + \text{Volume Pelarut}$$

$$= 8,1 \text{ l/hari} + 154 \text{ l/hari}$$

$$= 162,1 \text{ l/hari}$$

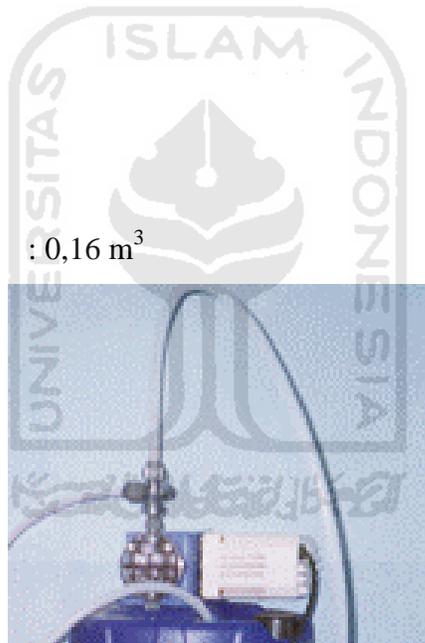
$$= 112,57 \text{ cc/menit}$$

- Desain Bak Pelarut

Asumsi :

- Volume (V)

$$: 0,16 \text{ m}^3$$



**Gambar 5. 10 Dosing Pump**

Sumber : Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan

**Tabel 5. 15 Spesifikasi Dosing Pump**

Type	Tekanan	Kapasitas	Pump Head	Diaphragm
Chemtech 100/030	7 Bar	4,7 lt/jam	SAN	Hypalon

Sumber : Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan



**Gambar 5. 11 Bak Pembubuh**

Sumber : Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan

**Tabel 5. 16 Spesifikasi Bak Pembubuh**

Volume	Ukuran	Material Of Contraction
25 Liter	50cm x 25cm x 10cm	Fiberglass Reinforced Plastic

Sumber : Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan

**a. Prakiraan Biaya Operasional dan Biaya Perawatan**

Biaya pada alternatif unit pengolahan 2 meliputi biaya listrik dan biaya operasional dan pemeliharaan dapat dilihat pada Tabel 5.17.

**Tabel 5. 17 Prakiraan Biaya Operasional dan Biaya Perawatan**

No	Jenis	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Total
1	Operasional dan Pemeliharaan	Bulan	Rp. 150,000	1 bulan	Rp. 150,000
2	Kaporit	kg	Rp. 22,000	210 kg/bulan	Rp. 4,620,000
3	Listrik Dosing Pump	kwh	Rp, 1,352	0,1 kwh	Rp. 28,392
<b>Total Biaya Operasional</b>					<b>Rp. . 4,798,392</b>

### b. Prakiraan Biaya Investasi Awal

Prakiraan biaya investasi awal dapat dilihat pada Tabel 5.14.

**Tabel 5. 18 Prakiraan Biaya Investasi Awal**

No	Jenis	Sat.	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Bak Pembunuh	unit	1	Rp 80,000	Rp 80,000
2	Dosing Pump	unit	1	Rp 2,700,000	Rp 2,700,000
3	Biaya pembuatan bangunan p=3 l=3 t=3 untuk peletakan unit dan material pelengkap	Unit	1	Rp 35,000,000	Rp 35,000,000
4	Biaya Pemasangan Unit	Unit	1	Rp 1,500,000	Rp 1,500,000
5	Alat dan Bahan Tambahan			Rp 1,000,000	Rp 1,000,000
<b>Total Biaya Investasi Awal</b>					<b>Rp 39,280,000</b>

#### 5.4.3 Alternatif Unit Pengolahan 3



**Gambar 5. 12 Skema Alternatif Pengolahan 3**

Ozon merupakan senyawa yang mampu membunuh dan mempunyai daya oksidasi yang sangat kuat. Oksidator ini digunakan sebagai desinfektan utama untuk membunuh atau menginaktivasi mikroorganisme patogen dan untuk mengoksidasi zat besi dan mangan, senyawa penyebab rasa dan bau, warna, zat organik, deterjen, fenol dan zat organik lain. Sebagai desinfektan, ozon juga dengan cepat membunuh virus, bakteri dan jamur serta mikroorganisme lainnya (Bitton, 1994 dalam Idaman, 2007).

Ditinjau dari biaya konstruksi maupun biaya operasi dan pemeliharaan, desinfeksi menggunakan ozon lebih mahal dari pada klorinasi dan desinfeksi dengan UV. Penggunaan energy merupakan bagian biaya yang palng mahal.

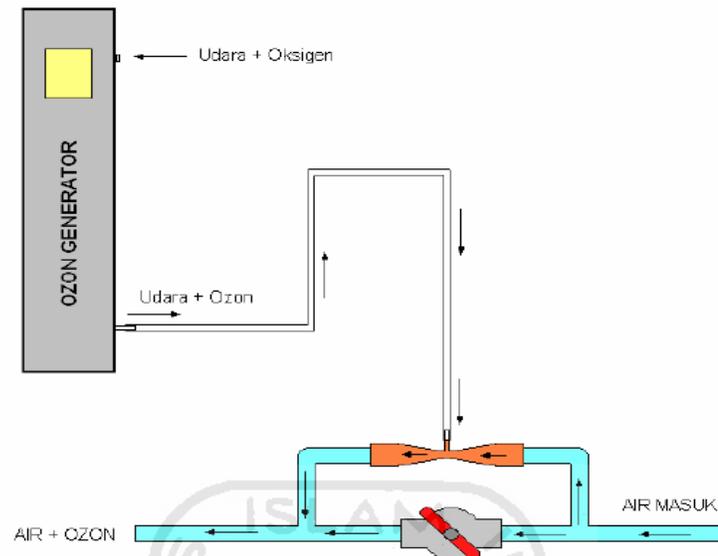
Ozon oksidan yang sangat kuat dibandingkan dengan khlorin, inaktivasi bakteri E.coli sangat cepat pada konsentrasi yang hanya sebesar 0,1 mg/l dapat menginaktivasi sebesar 99% E.coli dan virus (Idaman, 2007).

Untuk unit pengolahan air hujan ini menggunakan unit pengolahan ozon dengan skala kecil atau skala rumah tangga yang telah banyak dijual dipasaran. System injeksi ozon dengan skala kecil dapat dilihat pada gambar 5.13.



**Gambar 5. 13 Sistem injeksi ozon untuk pengolahan air skala kecil**

Sumber : Guangzhou Netech Enviromental Technology



**Gambar 5. 14 Sistem injeksi ozon untuk pengolahan air**

**Tabel 5. 19 Spesifikasi Unit Generator Ozon**

Output Ozon (G/hr)	Daya (kWh)	Tabung Gas Keluaran (mm)	Sekering (A)	Ukuran (mm)	NW (kg)
6	1,3	& Phi; 6	3	345 x 155 x 300	5,6

Sumber : Guangzhou Netech Enviromental Technology

**a. Prakiraan Biaya Operasional dan Biaya Perawatan**

Biaya pada alternatif unit pengolahan 3 meliputi biaya listrik dan biaya operasional dan pemeliharaan dapat dilihat pada Tabel 5.20.

**Tabel 5. 20 Prakiraan Biaya Operasional dan Biaya Perawatan**

No	Jenis	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Total
1	Listrik Ozon	kwh	Rp 1,352	1,3 kwh	Rp 369,096
2	Operasional dan Pemeliharaan	Bulan	Rp 150,000	1 bulan	Rp 150,000
<b>Total Biaya Operasional</b>					Rp 519,096

### b. Prakiraan Biaya Investasi Awal

Prakiraan biaya investasi awal dapat dilihat pada Tabel 5.21.

**Tabel 5. 21 Prakiraan Biaya Investasi Awal**

No	Jenis	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Generator Ozon	Unit	1	Rp 7,600,000	Rp 7,600,000
2	Biaya pembuatan bangunan p=3 l=3 t=3 untuk peletakan unit dan material pelengkap	Unit	1	Rp 35,000,000	Rp 35,000,000
3	Biaya Pemasangan Unit	Unit	1	Rp 1,500,000	Rp 1,500,000
4	Alat dan Bahan Tambahan			Rp 1,500,000	Rp 1,500,000
<b>Total Biaya Investasi Awal</b>					<b>Rp 44,100,000.00</b>

### 5.5 Matrik Kriteria Penilaian Kelayakan

Matrik kriteri penilaian kelayakan ini menjelaskan tentang perbedaan dari alternative pengolahan yang dapat dilihat pada tabel 5.22.

**Tabel 5. 22 Matrik Kriteria Penilaian Kelayakan**

Kriteria Penilaian Kelayakan	Alternatif Pengolahan 1	Alternatif Pengolahan 2	Alternatif Pengolahan 3
Kemampuan Removal (%) secara keseluruhan unit			
Zat Organik	70,11	90	90
Total Coliform	100	100	99
E. Coli	100	100	99
Kesesuaian Baku Mutu	setelah pengolahan semua parameter di bawah buku mutu.	setelah pengolahan semua parameter di bawah buku mutu.	setelah pengolahan semua parameter di bawah buku mutu.

Kriteria Penilaian Kelayakan	Alternatif Pengolahan 1	Alternatif Pengolahan 2	Alternatif Pengolahan 3
Pengoperasian dan Pemeliharaan	<p><b>Pengoperasian :</b> Mudah, menggunakan energi listrik</p> <p><b>Pemeliharaan :</b> memerlukan perawatan yang rutin seperti yang dianjurkan produsen dan untuk pengecekan dan pengontrolan unit UV jika unit UV menyala secara terus menerus tabung unit UV akan mengeluarkan kalor/panas sehingga air akan memuai dan mengakibatkan air menjadi bau.</p>	<p><b>Pengoperasian :</b> Relatif Mudah, namun harus ada yang mengoperasikan</p> <p><b>Pemeliharaan :</b> melakukan perawatan pada dosing pump agar berjalan dengan baik dan dikalibrasi secara teratur</p>	<p><b>Pengoperasian :</b> Mudah, menggunakan energi listrik</p> <p><b>Pemeliharaan :</b> melakukan perawatan yang seperti dianjurkan produsen dan melakukan pengecekan generator secara berkala</p>
Perkiraan Biaya Operasional dan Biaya Perawatan	<p><b>Total Biaya Operasional dan Perawatan : Rp. Rp 377,136 / Bulan</b></p>	<p><b>Total Biaya Operasional dan Perawatan : Rp 4,620,000 / Bulan</b></p>	<p><b>Total Biaya Operasional dan Perawatan : Rp 519,096/ Bulan</b></p>
Biaya Investasi Awal	<p><b>Total Biaya Investasi awal : Rp 47,400,000.00</b></p>	<p><b>Total Biaya Investasi awal : Rp 39,280,000.00</b></p>	<p><b>Total Biaya investasi awal : Rp 44,100,000.00</b></p>

## 5.6 Skoring Pemilihan Alternatif

Untuk memilih alternatif yang akan digunakan pada perencanaan RWH, dilakukan dengan membandingkan ketiga alternatif berdasarkan tabel matrik kriteria penilaian dengan cara skoring, penentuan skoring dengan memberikan rentang nilai yaitu (skala 1-5). Tiap alternatif diberikan skoring (skala nilai) berdasarkan deskripsi tabel matrik kriteria selanjutnya nilai tiap alternatif di total, nilai tiap alternatif dipilih total yang paling tinggi. Nilai alternatif yang paling tinggi tersebut dipilih menjadi alternatif pengolahan untuk perencanaan sistem RWH.

### 5.6.1 Skoring (Skala Nilai) Kriteria Penilaian

Agar dapat menentukan nilai skala maka dibuat tabel skala untuk menentukan nilai tiap kriteria dari masing-masing alternatif pengolahan. Berikut merupakan tabel skala nilai kriteria penilaian.

**Tabel 5. 23 Skala Nilai Efisiensi Removal**

Skala	Range	Kriteria
5	90-100%	Sangat Baik
4	80-90%	Baik
3	70-80%	Sedang
2	60-70%	Jelek
1	50-60%	Sangat Jelek

**Tabel 5. 24 Skala Perkiraan Biaya Operasional dan Pemeliharaan**

Skala	Range	Kriteria
5	500 ribu/bulan – 1 juta/bulan	Sangat Baik
4	1 juta /bulan -2 juta/bulan	Baik
3	2 juta /bulan -3 juta/bulan	Sedang
2	3 juta /bulan - 4 juta/bulan	Jelek
1	> 4 juta/bulan	Sangat Jelek

**Tabel 5. 25 Skala Biaya Investasi Awal**

Skala	Range	Kriteria
5	10 juta-20 juta	Sangat Baik
4	20 juta-30 juta	Baik
3	30 juta-40 juta	Sedang
2	40 juta-50 juta	Jelek
1	>50 juta	Sangat Jelek

### 5.6.2 Hasil Skoring Pemilihan Alternatif Pengolahan

Nilai skoring masing-masing alternatif dapat dilihat pada Tabel 5.26

**Tabel 5. 26 Skoring Pemilihan Alternatif Pengolahan**

No	Kriteria	Nilai (Skala 1-5)		
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
1	Efisiensi Removal	3	5	5
2	Kesesuaian Baku Mutu	5	5	5
3	Pengoperasian dan Pemeliharaan	4	3	4
4	Perkiraan Biaya Operasional dan Biaya Perawatan	5	1	5
5	Biaya Investasi Awal	2	3	2
<b>Total</b>		19	17	21

Dari tabel hasil skoring nilai tertinggi yaitu alternatif 3 dengan nilai 21, sehingga disimpulkan untuk perencanaan sistem RWH menggunakan alternatif pengolahan 3 yaitu unit pengolahan ozone.

### 5.7 Aspek Biaya Setelah Adanya Sistem RWH

Pada perencanaan ini, pemanenan air hujan hanya beroperasi pada musim basah untuk memenuhi kebutuhan air bersih di FTSP, mengacu dari Badan Meteorologi, Klimatologi, Geofisika (BMKG), musim basah dan kering pada tahun 2005 – 2014 dapat dilihat pada tabel 5.27. Dalam hal ini tentu ada penghematan



bersih, karena air hujan yang dimanfaatkan sudah melebihi kebutuhan air bersih, hanya perlu untuk membayar biaya operasional dan perawatan system RWH yaitu sebesar Rp. 519,096/bulan.

FTSP UII menggunakan sumber air bersih dari PDAM, dalam satu bulan pengeluaran biaya untuk kebutuhan air bersih sebesar Rp 2,700,000.00 atau Rp 32,400,000.00/tahun. Jika FTSP UII menggunakan system RWH, pada saat musim basah menggunakan sumber air bersih dari system RWH dengan pengeluaran biaya sebesar Rp 519,096/bulan atau Rp 4,152,768.00 /8bulan dan pada musim kering menggunakan sumber air bersih dari PDAM dengan pengeluaran biaya sebesar Rp 2,700,000.00 /bulan atau Rp 10,800,000.00/4bulan, sehingga pengeluaran biaya dengan menggunakan system RWH untuk satu tahun sebesar Rp 14,952,768.00. Jadi dapat diketahui penghematan biaya dengan menggunakan system RWH dapat menghemat biaya sebesar Rp 17,447,232.00/tahun. Biaya investasi untuk perencanaan RWH di FTSP UII yaitu sebesar Rp 113,273,935.00, sehingga untuk mengembalikan biaya investasi untuk perencanaan RWH yaitu kurang lebih 6,5 tahun.

## BAB VI

### RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

#### 6.1 Perpipaan *Rainwater Harvesting*

No.	Diameter	Panjang Pipa (m)	Panjang per Batang (m)	Batang diperlukan	Jumlah Batang	Cek panjang (m)	Harga per Batang (Rp)	Total Harga (Rp)
1	100	207	6	34.5	35	210	Rp 163,000	Rp 5,705,000
2	200	29.5	6	4.9	5	30	Rp 661,000	Rp 3,307,500
<b>Total</b>								<b>Rp 9,012,500</b>

#### 6.2 Aksesoris Perpipaan

No.	Jenis	Diameter	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga
1	Elbow	100	10	Rp 20,250	Rp 202,500
		200	5	Rp 121,770	Rp 608,850
2	T-90 <sup>0</sup>	100	31	Rp 26,085	Rp 808,635
		200	5	Rp 158,290	Rp 791,450
<b>Total</b>					<b>Rp2,411,435</b>

### 6.3 Unit Pengolahan

No	Jenis	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Generator Ozon	Unit	1	Rp 7,600,000	Rp 7,600,000
2	Biaya pembuatan bangunan p=3 l=3 t=3 untuk peletakan unit dan material pelengkap	Unit	1	Rp 35,000,000	Rp 35,000,000
3	Biaya Pemasangan Unit	Unit	1	Rp 1,500,000	Rp 1,500,000
4	Alat dan Bahan Tambahan			Rp 1,500,000	Rp 1,500,000
<b>Total</b>					<b>Rp 44,100,000</b>

### 6.4 Pekerja

No	Jenis Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Jumlah	Total
1	Pembuatan Sistem Perpipaan RWH	orang/hari	Rp 75,000	60 hari	Rp 45,000,000
2	Pembuatan Reservoar RWH	orang/hari	Rp 75,000	30 Hari	Rp 11,250,000
<b>Total</b>					<b>Rp 56,250,000</b>

### 6.5 Total Biaya

No	Uraian	Total
1	Pipa RWH	Rp. 9.012.500
2	Aksesoris Pipa	Rp. 2.411.435
3	Unit Pengolahan	Rp. 44.100.000
4	Pekerja	Rp. 56.250.000
5	Pompa Oto. Untuk Unit Pengolahan	Rp. 1.200.000
<b>Total</b>		<b>Rp. 113.273.935</b>

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Dengan melihat hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

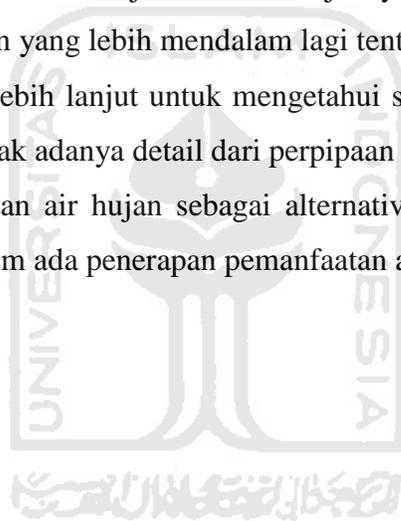
1. Air hujan pada lingkungan UII Terpadu memiliki potensi cukup besar untuk memenuhi kebutuhan air bersih, air hujan yang dapat ditampung dengan mengaplikasikan sistem *Rainwater Harvesting* pada lingkungan UII sebesar 1598,40 m<sup>3</sup> dan FTSP sebesar 177 m<sup>3</sup>.
2. Perencanaan Pemanenan Air Hujan :
  - a) Sistem perpipaan RWH hanya mengubah sedikit dari pipa eksisting, pipa air hujan di hubungkan dengan satu sama lain lalu dialirkan ke reservoir dan dialirkan ke unit pengolahan.
  - b) Reservoir menggunakan sistem pelimpah yang dialirkan ke sumur resapan.
  - c) Berdasarkan hasil skoring, alternatif unit pengolahan yang terpilih yaitu alternatif pengolahan 3, yaitu dengan menggunakan Ozone. Karena dalam pengoperasian relative mudah dan biaya operasional dan biaya investasi awal mempunyai harga yang paling murah dibandingkan dengan alternative lainnya.
  - d) Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk perencanaan system RWH adalah sebesar Rp 113.273.935,00.

3. FTSP UII dapat mengurangi pengeluaran biaya kebutuhan air bersih dengan menggunakan system RWH yaitu sebesar Rp 17,447,232.00/tahun.

## 7.2 Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan penulis menyarankan masih diperlukan beberapa perbaikan pada penelitian untuk masa yang akan datang guna memperoleh hasil yang lebih baik, antara lain :

1. Untuk pemanfaatan lebih lanjut dari air hujan yang dimanfaatkan kiranya diperlukan penelitian yang lebih mendalam lagi tentang kualitas air hujan.
2. Melakukan survey lebih lanjut untuk mengetahui system perpipaan air hujan eksisting, karena tidak adanya detail dari perpipaan air hujan eksisting.
3. Perlunya pemanfaatan air hujan sebagai alternative kebutuhan air bersih di UII, karena UII belum ada penerapan pemanfaatan air hujan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Latif, A 2012. **Pemanfaatan Air Hujan Melalui Teknologi *Water Bank* Untuk Memenuhi Ketersediaan Air Bersih Disalah Satu Desa Kabupaten Bandung Barat.** Bandung.
- Saiful, Ahmad 2013. **Perencanaan Sistem *Rainwater Harvesting*. Studi Kasus : Hotel Novotel Yogyakarta.** Yogyakarta.
- Yulistyorini, Anie 2011. **Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air Perkotaan. Teknologi Dan Kejuruan, VOL. 34, NO. 1, :105-114**
- Astari, R. dan Rofiq, I. 2009. **Kualitas Air dan Kinerja Unit Pengolahan di Instalasi Pengolahan Air Minum ITB.** Tugas Akhir. ITB.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2011. **Daerah Istimewa Yogyakarta.** Yogyakarta.
- Brownell, A., R. Chakrabarti, M. K. 2008. Assessment Of A Low-Cost, Point Of-Use, **Ultraviolet Water Technology.** Jurnal Of Water And Health. Vol. 06. No 1. 53-65.
- Idaman, N. I. 2007. **Uji Kerja Pengolahan Air Siap Minum dengan Air Baku Air Sungai.** JAI. Vol 5. No 2.
- Achmad, Mahmud. 2011. **Hidrologi Teknik .** Universitas Hasanuddin. Makasar. Pradnya Paramitha. Bandung.

- Sastrodarsono, Suyono dan Kensaku Takeda. 1999, **Hidrologi untuk Pengairan. Pradnya Pramita**. Bandung.
- Danang, Setiawan. 2008. **Studi Kualitas dan Pengolahan Air Pada Penampungan Air Hujan (PAH) di Desa Hargosari, Kecamatan Tanjungsari, Gunungkidul Menggunakan Filter Karbon Aktif dan UV**. Yogyakarta.
- UNEP International Technology Centre. 2001. **Rainwater Harvesting**. Murdoch University of Western Australia.
- Waluyo, L. 2005, **Mikrobiologi Lingkungan**, UMM Press, Malang.
- Fevita, Winggi dan Dekawati, Devi. 2015. **Perencanaan Sstem Penyediaan Air Minum Di Kampus Terpadu UII**. Yoyakarta.
- Yusuf, Y. 2012. **Teknologi Pengolahan Air Tanah sebagai Sumber Air Minum Pada Skala Rumah Tangga**. Sigma Journa l. Vol I