



TUGAS AKHIR TF 141581

IMPLEMENTASI PENGLOLAAN AIR YANG TERINTEGRASI PADA *GREEN BUILDING*

AHMAD RESTU FAUZI
NRP 2413 106 004

Dosen Pembimbing :
Totok Ruki Biyanto, Ph.D.
Ir. Sarwono, M.M.

Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT TF 141581

***IMPLEMENTATION OF WATER MANAGEMENT
INTEGRATED ON GREEN BUILDING***

AHMAD RESTU FAUZI
NRP 2413.106.004

Supervisor :
Totok Ruki Biyanto, Ph.D.
Ir. Sarwono, M.M

Study Program S1 Physics Engineering
Faculty of Technology Industry
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI PENGELOLAAN AIR YANG TERINTEGRASI PADA *GREEN BUIDLING*

TUGAS AKHIR

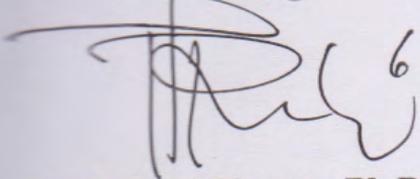
Oleh :

Ahmad Restu Fauzi

NRP : 2413106004

Surabaya, Februari 2016
Mengetahui/Menyetujui

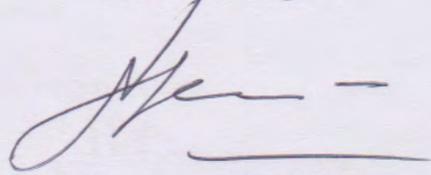
Pembimbing I



Totok Ruki Biyanto, Ph.D

NIPN. 197107021998021001

Pembimbing II



Ir. Sarwono, MM

NIPN. 195809081986011001

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si, Ph.D

NIPN. 197809022003121002

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI PENGELOLAAN AIR YANG TERINTEGRASI PADA *GREEN BUILDING*

TUGAS AKHIR

Ditujukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Rekayasa Energi dan Pengkondisian Lingkungan
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

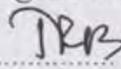
Oleh :

AHMAD RESTU FAUZI

NRP. 2413106004

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

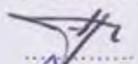
1. Totok Ruki Biyanto, Ph.


.....(Pembimbing 1)

2. Ir. Sarwono, M.M


.....(Pembimbing 2)

3. Ir. Roekmono, MT


.....(Ketua Penguji)

4. Dr. Harsono, M.M


.....(Penguji 1)

5. Nur Laila H, M.Sc


.....(Penguji 2)

**SURABAYA
JANUARI, 2016**

IMPLEMENTASI PENGELOLAAN AIR YANG TERINTEGRASI PADA *GREEN BUILDING*

Nama Mahasiswa : Ahmad Restu Fauzi
NRP : 2413 106 004
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Totok Ruki Biyanto, Ph.D
Ir. Sarwono, MM

Abstrak

Kebutuhan air Indonesia per kapita sebesar 16.800 m³ per tahun. Namun, ketersediaan air tawar di alam hanya 3% dari jumlah ketersediaan air secara keseluruhan, bahkan yang dapat dimanfaatkan hanya 1%, karena 2% lainnya berupa salju dan es. Jakarta sebagai ibu kota negara Indonesia membutuhkan pasokan air yang banyak untuk memenuhi kebutuhan industri maupun gedung – gedung berlantai tinggi sebagai operasional harian. Sumber air alternatif seperti sungai dan danau sudah tidak dapat dimanfaatkan karena sudah tercemar limbah industri maupun rumah tangga. Penggunaan air tanah secara berlebihan dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas air tanah. Sehingga perlu adanya sumber air alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan yang terus meningkat. Air hujan, grey water, dan air condensate merupakan potensi sumber air alternatif yang belum digunakan secara luas padahal memiliki potensi yang besar untuk digunakan. Pemanfaatan sumber air alternatif terutama air hujan merupakan salah satu cara mengurangi pemakaian air tanah. Sehingga perlu adanya metode yang mampu memenuhi kebutuhan air tawar dengan sumber air alternatif yang mampu meningkatkan jumlah air tawar, mendesain tanki yang optimal untuk penggunaan air hujan dan metode tersebut dapat di aplikasikan ke semau gedung. Berdasarkan hasil penelitian desain tanki yang optimal untuk gedung dinas Pekerjaan Umum sebesar 8,64 m³. Dalam waktu sepuluh tahun penggunaan air dari PAM JAYA dapat ditekan hingga 66,07% untuk dan biaya yang dapat dihemat sebesar 60,74% dalam 10 tahun. Terjadi penghematan sebesar 391.761.636

Kata Kunci: Air Hujan, *Grey water*, *Black water*, Air *Condensate*, Optimal Tank Sizing

IMPLEMENTATION OF WATER MANAGEMENT INTEGRATED ON GREEN BUILDING

Name : ***Ahmad Restu Fauzi***
NRP : ***2413 106 004***
Department : ***Engineering Physics FTI-ITS***
Supervisor : ***Totok Ruki Biyanto, Ph.D***
Ir. Sarwono, M.M

Abstract

Indonesia per capita water demand of 16,800 m³ per year. However, the availability of fresh water in nature is only 3% of the overall water availability, even that can be utilized only 1%, because the other 2% in the form of snow and ice. Jakarta as the capital city of Indonesia need a supply of water to meet the needs of industry and buildings - high-storey buildings as daily operational. Alternative water sources such as rivers and lakes no longer be used because it was contaminated with industrial and household waste. Excessive use of groundwater can lead to decreased quality and quantity of groundwater. Thus the need for alternative water sources that can meet the growing need. Rainwater, gray water, and the water condensate is a potential alternative source of water that has not been used widely but has great potential for use. Utilization of alternative sources of water, especially rain water is one way to reduce the use of groundwater. So the need for methods that are able to meet the needs of fresh water with alternative water sources which can increase the amount of fresh water, tank design that is optimal for the use of rainwater and the method can be applied to arbitrarily building. Based on the results of research tank design that is optimal for building the Public Works department of 8.64 m³. Watu ten years in the use of water from PAM Jaya can be reduced to 66.07% for and costs can be saved by 60.74% in 10 years. Occurs savings of Rp 391 761 636

Keywords:

Air Hujan, Grey water, Black water, Air Condensate, Tank sizing optimal

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir ini. Tidak lupa juga penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada keluarga dan para sahabat. Oleh karena dukungan mereka, penulis mampu menyusun laporan tugas akhir yang berjudul:

“IMPLEMENTASI PENGELOLAAN AIR YANG TERINTEGRASI PADA *GREEN BUILDING*”

Penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, ST, MSi, Ph.D selaku ketua Jurusan Teknik Fisika
2. Bapak dan Ibu tercinta atas dukungan moral dan spiritual yang diberikan selama ini.
3. Bapak Totok Ruki Biyanto, Ph.D selaku pembimbing, terima kasih atas bimbingan dan motivasi tanpa henti dalam pengerjaan tugas akhir ini .
4. Bapak Totok Ruki Biyanto, Ph.D selaku dosen pembimbing tidak tertulis, yang selalu memberikan ilmu, semangat dan motivasi selama pengerjaan tugas akhir.
5. Bapak Hendra Cordova, ST, MT Dosen wali yang selalu memberikan motivasi dan perhatiannya selama penulis menjadi mahasiswa Lintas Jalur-Teknik Fisika FTI-ITS.
6. Kawan seperjuangan Ahmad Restu Fauzi yang senantiasa saling bekerja sama sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Seluruh mahasiswa LJ-TF 2013 angkatan ganjil maupun genap yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu serta semua pihak yang telah membantu dan memberikan doa dalam pengerjaan tugas akhir ini dari awal sampai akhir.

8. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan yang diberikan sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik.

Surabaya, 5 Februari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan Laporan.....	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 <i>GBCI dan GreenShip Rating Tools</i>	7
2.2 USGBC dan LED	9
2.3 Manajemen Air	10
2.4 Air Hujan.....	10
2.5 Tanki Penyimpanan Air Hujan.....	12
2.6 <i>Grey Water</i>	13
2.7 <i>Black Water</i>	14
2.8 Air <i>Condensate</i>	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Profil Kebutuhan Air Domestik	18
3.2 Kebutuhan Air Domestik.....	19
3.3 Volume Air Harian	21
3.4 Sumber Air Alternatif.....	21
3.5 Pemodelan Optimasi Tanki	24
3.6 Parameter Penelitian.....	25

3.7 Optimasi Menggunakan Solver	26
3.8 Skematik air Grey water dan Black Water	27
3.9 Skematik Air Hujan Greywater dan Air Condensate	28
3.10 Skematik Penggunaan Grey water untuk Flushing Toilets	28
3.11 Estimasi Biaya.....	28
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Kebutuhan Domestik Air.....	31
4.2 Sumber Air Alternatif.....	34
4.3 Volume dan Biaya Penggunaan.....	36
4.4 Penghitungan Optimasi Tanki	39
4.5 Simulasi <i>tracking set point</i> PI kontrol	41
4.6 Uji Perbandingan PI kontrol dan Fuzzy Kontrol	42
BAB V KESIMPULAN	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Sara.....	41
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

		5
		6
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	17
Gambar 3.2	<i>Condensate Calculator</i>	24
Gambar 3.3	Menu Solvert	27
Gambar 3.4	Skematik Air <i>Grey Water</i> dan <i>Black Water</i>	27
Gambar 3.5	Skematik Air Hujan, <i>Grey Water</i> dan Air <i>Condensate</i>	28
Gambar 3.6	Skematik <i>Grey Water</i> untuk <i>Flsuing Toilets</i>	31
Gambar 4.1	Kenutuhan air domestik harian	32
Gambar 4.2	<i>Komposisi Perbandingan Sumber Air Alternat</i>	34
Gambar 4.3	Kebutuhan Air Setelah dan Sebelum Menggunakan Sumber Air Alternatif	37
Gambar 4.4	Biaya Penggunaan Air Setelah dan Sebelum	37
Gambar 4.5	Proyeksi Volume Air Yang dapat di tampung Perhari	40

DAFTAR TABEL

Tabel	2.1	Karakteristik grey water dengan beberapa kategori	14
Tabe	2.2	Karakteristik <i>black water</i>	15
Tabel	3.1	Jumlah Pegawai dan Jam Operasional	18
Tabel	3.2	Data Curah Hujanr	22
Tabel	3.3	Luas Atap Tata Ruang	22
Tabel	3.4	Harga Air Bersih dari PAM JAYA	24
Tabel	3.5	<i>Cost Estimation</i>	29
Tabel	4.1	<i>Plumbing fixture flushing toilets pria</i>	32
Tabel	4.2	<i>Plumbing fixture flushing toilets wanita</i>	32
Tabel	4.3	<i>Plumbing fixture urinlas</i>	33
Tabel	4.4	<i>Plumbing fixture wastafel</i>	33
Tabel	4.5	<i>Plumbing fixture wudhu</i>	33
Tabel	4.6	<i>Plumbing fixture shower</i>	34
Tabel	4.7	<i>Cost Estimation</i>	39
Tabel	4.8	Biaya Operasi Pembelian Air (Opex)	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia tercatat memiliki potensi sumber daya air 3,11 triliun m³ per tahun, setara dengan ketersediaan air per kapita sebesar 16.800 m³ per tahun. Namun, ketersediaan air tawar di alam hanya 3% dari jumlah ketersediaan air secara keseluruhan, bahkan yang dapat dimanfaatkan hanya 1%, karena 2% lainnya berupa salju dan es. Pada tahun 2025, jumlah gedung bertingkat hingga 40 lantai (*high risk building*) di Jakarta mencapai 632 gedung dan setiap gedung membutuhkan minimal air bersih 200 liter per hari. Perusahaan air minum PAM JAYA hanya mampu memenuhi 645 juta m³ sementara kebutuhan air tanah mencapai 1.355 juta m³. Badan Regulator Pelayanan Air Minum DKI Jakarta menyatakan, pada tahun 2010 defisit air mencapai 6.857 liter/detik, pada tahun 2015 diperkirakan defisit air akan menjadi 13.045 liter/detik, dan tahun 2025 kekurangan air akan mencapai 28.370 liter/detik.

Pemanfaatan air tanah belum bisa menjadi solusi yang tepat. Eksploitasi air tanah yang tidak terkontrol menyebabkan penurunan air tanah menjadi lebih cepat dan menyebabkan air laut masuk ke dalam permukaan air tanah. Air sungai dan waduk di Jakarta juga sudah tidak dapat dimanfaatkan karena kualitasnya yang buruk akibat dari pencemaran limbah industri maupun rumah tangga yang tinggi [1]. Sehingga air hujan dapat digunakan sebagai sumber air alternatif, karena ketersediannya yang terus menerus di alam, serta dapat dijadikan potensi untuk memenuhi kebutuhan, khususnya wilayah perkotaan [2]. Pemanfaatan air hujan untuk sumber air alternatif tidak hanya dapat memenuhi defisit air yang terjadi, akan tetapi juga dapat mencegah banjir yang terjadi. [3].

Selain air hujan, *grey water* atau air hasil dari aktifitas mandi, *shower*, cuci tangan, dan hasil aktifitas mencuci di dapur juga dapat dimanfaatkan. [4]. *Grey water* yang berasal dari *high risk building* berpotensi memberikan dampak pencemaran di

suatu wilayah. Kemampuan untuk mengelola *grey water* sebagai pengontrol pencemaran *micropollutan* berasal dari *high risk building* dapat bermanfaat untuk menjaga lingkungan serta penghematan sumber air tawar yang selama ini belum banyak dieksploitasi [5]. *High risk building* umumnya berada di wilayah perkotaan sehingga membutuhkan pendingin udara untuk kenyamanan ketika beraktifitas dalam ruangan. Penggunaan pendingin udara menghasilkan *air condensate* yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber potensial jika pemanfaatannya dapat di kombinasikan dengan air hujan dan *recycle grey water*. Pemanfaatan ketiga sumber alternatif tersebut dapat mengurangi penggunaan air tanah serta air dari PAM JAYA.

Analisis dari curah hujan lokal dapat digunakan untuk memprediksi potensi air yang dapat digunakan pada gedung komersial di Alington Country [6]. Pembuatan tanki penampungan air hujan yang optimal untuk *high risk building* sebaiknya memanfaatkan data curah hujan dalam periode tertentu, luas atap yang digunakan untuk menangkap hujan, dan kebutuhan konsumsi *high risk building* sehingga didapatkan model dasar yang cocok menggunakan pemodelan *linear* [2]. Penelitian pemanfaatan air hujan hanya dapat digunakan sebagai sumber alternatif untuk *flushing toilets, laundry, car washing*, dan irigasi dikarenakan rendahnya kualitas air hujan dan membutuhkan *treatment* terlebih dahulu agar dapat dimanfaatkan sebagai air minum [7]. Kelayakan ekonomi dalam pemanfaatan *grey water* terutama di perkotaan, menggunakan metode MBR terbukti layak secara ekonomis untuk gedung yang lebih dari 40 lantai sedangkan metode *RBC* cocok digunakan untuk bangunan 20 *flat* atau lima lantai [8].

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas, permasalahan yang bisa diangkat dalam tugas akhir ini adalah;

- a. Bagaimana memodelkan pemanfaatan air hujan pada gedung.

- b. Bagaimana mengoptimalkan pemanfaatan air hujan pada gedung.
- c. Menganalisis hasil dari manajemen air yang berkelanjutan.
- d. Menganalisis inovasi teknologi tepat guna.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini yaitu:

- a. Memenuhi kebutuhan air tawar dengan sumber air alternatif.
- b. Meningkatkan jumlah air tawar.
- c. Mendesain tanki yang optimal untuk mendapatkan manfaat sumber air alternatif penggunaan air hujan.
- d. Metode dapat diaplikasikan untuk semua jenis gedung.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Penelitian dilakukan hanya pada gedung dinas Pekerjaan Umum
- b. Pengukuran curah hujan hanya pada wilayah Jakarta.

1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Adapun sistematika laporan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, dan sistematika laporan.

BAB II TEORI PENUNJANG

Berisi tentang teori-teori penunjang yang terkait dengan dalam Tugas Akhir yaitu water manajemen pada pengelolaan air dengan metode yang ada.

BAB III METODOLOGI

Berisi tentang metode yang digunakan dalam pemodelan penggunaan air dan mendesain tanki air hujan pada sebuah gedung green building

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang pengujian performansi untuk sistem secara keseluruhan. dan membandingkan dengan validasi yang ada

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang hasil penelitian dan kesimpulan terhadap evaluasi yang dilakukan

BAB II

DASAR TEORI

Green building merupakan sebuah konsep bangunan yang memiliki unsur ramah terhadap lingkungan. Seperti penggunaan bahan konstruksi, pemanfaatan sumber daya air, penggunaan energi yang memenuhi aturan berlaku. Lebih spesifik disebut sebagai bangunan *ecology friendly* yang ramah lingkungan dan berkelanjutan serta memiliki dampak positif terhadap lingkungan karena bangunan *green building* mampu mengurangi polusi akibat aktivitas manusia. Seperti CO₂, VOCs, *carbon foot printing* serta termasuk kedalamnya mampu pengurangi penggunaan energi seperti konsumsi energi listrik dan sebagainya. Bangunan hijau merupakan pondasi untuk melindungi generasi masa depan agar bijak dalam menggunakan sumber energi serta dan berkelanjutan seperti yang dilakukan dalam penelitian tesisnya[9].

Water efficiency merupakan bagian yang tak terpisahkan dari *green building*, dengan mengelola air yang digunakan dapat melakukan penghematan energi terutama energi air sebagai sumber kehidupan manusia. *conservation* dan *reuse* merupakan hal yang sangat penting agar kelestarian sumber daya air dapat terjaga dan dapat dimanfaatkan untuk masa depan. pemodelan gandingan antara *Integrated Building Water Management* (IBWM) yang mampu mengintegrasikan biaya penggunaan air dengan menerapkan teknik inovatif pada penerapan *conservation* dapat memberikan edukasi bagi para pengguna akan pentingnya *water management* dan *System Thinking Experimentasl Learning Laboratory with Animation* (STELLA), teknik pemodelan yang dapat digunakan untuk menganalisa perbedaan dampak yang ditimbulkan jika pengelolaan air dengan metode yang berbeda, dengan standar rating LEED yang sudah memiliki rating untuk

water efficiency pada sebuah gedung khususnya sekolah dalam penelitian tesisnya [10].

Dalam penelitiannya [11] ada tiga hal penting mengenai *grey water*. Pertama yakni memberikan pemahaman yang luas mengenai *grey water* dan perkembangan teknologi *grey water*, karena perlu edukasi yang mendalam serta komprehensif mengenai pemahaman *grey water*, kita ketahui *grey water* merupakan air limbah yang umumnya digunakan untuk aktivitas seperti mencuci, mandi dan sebagainya. Walau sudah terkena polutan akan tetapi potensi pemanfaatan *grey water* sangat besar dan dapat digunakan untuk penghematan air dan edukasi diperlukan agar memberikan pemahaman yang benar mengenai *grey water*. kedua membuat kerangka kerja dan pertimbangan yang matang agar sistem pengolahan *grey water* masuk dalam teknologi yang digunakan untuk pembangunan terlepas dari motivasi untuk melakukan penghematan biaya maupun konservasi lingkungan dan ketiga dapat memberikan contoh agar pembangunan yang berkelanjutan serta ramah terhadap lingkungan memberikan hal positif bagi penelitian mendatang sehingga manfaat yang dihasilkan dari teknologi pengolahan *grey water* dapat bermanfaat baik untuk gedung perkantoran, sekolah, rumah sakit, maupun hunian di masa yang akan datang.

Domestic Rainwater Harvesting (DRWH) untuk mengukur potensi pemanfaatan air hujan sebagai sumber alternatif menjadi sebuah bahan penelitian di Taiwan. Dasar pengembangannya secara *national* atau *regional* yang didukung oleh pemerintahnya. Perhitungan secara teori potensial pemanfaatan air hujan sebesar $1763.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ pertahun dapat menyuplai 48.9 % kebutuhan domestik dengan asumsi 210.4 Liter/hari per orang. Potensi tersebut menggunakan tiga konsep yang relevan untuk melakukan penghitungan secara kuantitatif yakni secara teori. Dalam pembuatan desainnya terpengaruh dari iklim, karakteristik gedung, ekonomi dan aspek *ecologi* Taiwan. Untuk estimasi potensi air hujan [12] kerangka kerja dengan membuat pembagian *zone area* air hujan, estimasi *roof area* yang dapat digunakan, rata-rata presentase total air hujan dengan *volume*

optimal untuk dapat digunakan dan presentase total *roof area* dapat digunakan untuk *zona* air hujan dan *regional*.

Recycle grey water dan penggunaan air hujan yang bernilai ekonomis dapat menjadi sumber alternatif. Terutama untuk bukan keperluan air minum, dengan mempertimbangkan aspek urbanisasi pertumbuhan penduduk di dunia. Pengelolaan sumber daya air memerlukan sebuah perubahan sikap dalam pengelolaan dan konversi dan konservasi sumber daya air diperlukan untuk pengembangan fungsi kota [13]. Menggabungkan penggunaan air hujan dan *recycle grey water* dapat memenuhi air perkotaan terutama untuk kebutuhan *flushing toilet*, irigasi dan *landscape*. Pemanfaatan air hujan di iklim mediterania memiliki tantangan hujan tidak turun sepanjang tahun sebagai sumber pasokan alternatif yang mampu untuk di andalkan. Destilasi *grey water* memiliki masalah kualitas serta membutuhkan *treatment* dalam penyimpanannya, serta adanya *cost* dalam penerapannya [14]

2.1 GBCI dan *Greenship Rating Tools*

Merupakan sebuah konsil bangunan hijau indonesia atau *GREEN BUILDING COUNCIL INDONESIA* adalah sebuah lembaga mandiri (*non government*) dan nirlaba (*non-for profit*) yang berkomitmen terhadap pendidikan masyarakat dalam mengaplikasikan praktik-praktik terbaik lingkungan dan memfasilitasi transformasi industri bangunan global yang berkelanjutan. GBCI Indonesia merupakan *Emerging Member* dari *World Green Building Council (WGBCI)* yang berpuast di Toronto, Kanada. *WBGC* saat ini beranggotakan 102 negara dan hanya memiliki satu *GBC (Green Builiding Council)* di sating negara. *GBCI* didirikan pada tahun 2009 dan diselenggarakan oleh sinergi antara pemangku kepentingannya, meliputi:

1. Profesional bidang jasa konstruksi.
2. Kalangan Industri sektor bangunan dan properti,
3. Pemerintah
4. Institusi pendidikan dan penelitian
5. Asosiasi profesi dan masyarakat peduli lingkungan.

Salah satu program GBC Indonesia adalah menyelenggarakan kegiatan Sertifikasi Bangunan Hijau di Indonesia berdasarkan perangkat penilaian khas Indonesia yang disebut GREENSHIP.[15]

2.1.1 *Greenship Rating Tools*

Sistem rating adalah suatu alat berisi butir-butir dari aspek penilaian yang disebut rating dan setiap butir rating mempunyai nilai (*credit point*) apabila suatu bangunan berhasil melaksanakan butir rating, maka bangunan itu akan mendapatkan poin nilai dari butir tersebut. Bila jumlah semua poin nilai yang berhasil dikumpulkan mencapai suatu jumlah yang ditentukan, maka bangunan tersebut dapat disertifikasi untuk tingkat sertifikasi tertentu. Namun sebelum mencapai tahap penelitian rating terlebih dahulu dilakukan pengkajian bangunan untuk pemenuhan persyaratan awal penilaian (*eligibilitas*).

Sistem *Rating Greenship* dipersiapkan dan disusun oleh *Green Building Council* yang ada di negara tertentu yang sudah mengikuti gerakan hijau, setiap negara tersebut mempunyai Sistem rating masing-masing sebagai contoh Amerika Serikat-LEED, Singapura- Green Mark, Australia-Green Star dsb. *Green* sebagai sebuah sistem rating terbagi menjadi enam aspek yang terdiri dari:

1. Tepat guna lahan (*Appropriate Site Development /ASD*)
2. Efisiensi Energi & *Refrigeran (Energy Efficiency & Refrigerant/EER)*
3. Konservasi Air (*Water Conservation/WAC*)
4. Sumber & Siklus Material (*Material Resource & Cycle/MRC*)
5. Kualitas Udara & Kenyamanan Udara (*Indoor Air Health & Comfort/IHC*)
6. Manajemen Lingkungan Bangunan (*Building & Environment Management*)

Setiap aspek terdiri dari beberapa rating yang mengandung masing-masing memiliki muatan tertentu dan akan diolah untuk menentukan penilaian. Poin nilai memuat standar-standar baku

dan rekomendasi untuk pencapaian standar tersebut (Green Building Council Indonesia, 2013).

2.2 USGBC dan LEED

United State Green Building Council, didirikan pada tahun 1992, merupakan sebuah organisasi nirlaba (*non-profit*) yang merupakan anggota dari *World Green Building Council (WGBC)*. *USGB* memiliki lebih dari 7500 anggota yang tersebar di seluruh negara bagian dan merupakan sebuah komite yang menyusun pembangunan, mendesaian serta operasional gedung dengan konsep *Green Building*. Dengan prinsip ramah terhadap lingkungan pada tempat tinggal, kesehatan penghuni maupun pekerja yang ada di dalam gedung. [16]

2.2.1 LEED

Leadership In Energy and Environmental Design (LEED) merupakan sebuah sistem rating *standard* yang dikembangkan oleh *USGBC* untuk membuat penilaian pengoperasian gedung. Perancangan bangunan baik untuk interior maupun eksterior. Pengoperasian dan maintenance gedung dengan *standard* yang *fleksibel* serta dapat digunakan di mana saja, baik untuk bangunan sekolah, *retail*, *data center*, rumah sakit, maupun untuk pemukiman, sehingga diharapkan dengan penggunaan *standard* tersebut bangunan juga dapat mempengaruhi pemahaman dunia akan sebuah konsep *green building*. *LEED v4* untuk *Operation & Maintenance Existing Buildings* memiliki sistem rating sebagai berikut:

1. *Location and Transportation*
2. *Sustainable Sites*
3. *Water Efficiency*
4. *Energy and Atmosphere*
5. *Materials and Resource*
6. *Indoor Environmental Quality*
7. *Innovation*
8. *Region Priority*

Efisiensi penggunaan air merupakan hal penting dalam sebuah konsep *green building* baik *standard* yang di miliki Indonesia maupun *standard* Amerika. Karena sebuah gedung membutuhkan jumlah air yang sangat banyak sehingga efisiensi harus dilakukan agar pemanfaat air menjadi lebih optimal, dengan cara *reuse* dan *recycle* baik *black water* dan *grey water* yang merupakan limbah dari aktifitas mencuci, *shower*, *toilets*, *urinals* dan sebagainya.[17]

2.3 Manajemen Air

Manajemen air adalah pengelolaan sumber daya air dengan mengikuti kebijakan dan aturan yang telah ditetapkan. Sumber daya air sangat melimpah ketersediannya di alam, air sebagai komoditas berharga harus dijaga ketersediannya agar tidak terjadi kelangkaan akibat dari pemakain berlebihan. Peningkatan populasi manusia menyebabkan meningkatnya konsumsi sumber daya air. Permintaan air dimasa yang akan datang menambah *stressor* penggunaan lahan, urbanisasi dan perubahan iklim [10]

2.3.1 Konservasi Air

Permintaan air diproyeksikan akan mengingkat seiring berjalannya waktu, sementara pasokan air mendapat tantangan global yakni perubahan iklim. hal ini menyebabkan kebutuhan air meningkat sehingga harus lebih bijak dalam pemanfaatan air. Konservasi harus dilakukan untuk menjaga ketersediaan air tawar dialam.

2.4 Air Hujan

Air hujan merupakan sumber utama dari air tawar yang ada di planet ini. Metode pengumpulan air hujan dapat dikategorikan menjadi dua cara yakni berbasis permukaan atap dan permukaan tanah. Metode dengan berbasis permukaan tanah dikumpulkan pada *area* seperi tanggul, kolam, waduk dan tanki. Sedangkan pengumpulan air hujan berbasis atap, memanfaatkan atap sebagai media untuk mengumpulkan curah hujan. Keunggulan dengan atap sumber air yang kumpulkan relatif bersih dan bebas

dari endapan tanah. Diperkirakan sekitar 500 perumahan memanfaatkan air hujan yang telah terpasang di Texas selama 10 tahun. Perumahan dengan wilayah yang tidak memiliki akses sumber air menafaatkan air hujan sebagai pemasuk kebutuhan mereka. Selain digunakan pada perumahan pemanfaatan air hujan digunakan untuk kepentingan komersial dan industri surveri dilakukan oleh beberapa lembaga negara diperkirakan sebanyak 100.000 sistem telah terpasang untuk memanfaatkan air hujan di Amerika Serikat Portland, Oregon dan Wasington telah membuat pedoman dalam perancangan dan penerapan teknologi pemanfaatan air hujan untuk perumahan baru dengan luas lebih dari 2.500 *fit* persegi. Tucson, Arizona, telah membuat lembaga khusus yang menangani pemanfaatan air hujan untuk lahan irigasi pada wilayah yang memiliki potensi banjir dan mengontrol laju erosi tanah. 60.000 rumah tangga di Hawaii, memanfaatkan air hujan untuk kebutuhan mereka.[18]

Menurut penelitian banyak potensi manfaat dan keuntungan dari pemanfaatan air hujan diantaranya sebagai berikut:

1. Sebagai penyedia air gratis, hanya mengeluarkan biaya untuk membuat tempat penyimpanan dan *treatment*.
2. Sebagai sumber alternatif jika tidak ada sumber air yang dapat dimanfaatkan.
3. Mampu menambah atau sebagai pengganti jumlah air tanah.
4. Mampu menyediakan air yang memiliki kualitas baik jika kualitas air tanah tidak layak untuk digunakan
5. Menyediakan air yang murah jika air dari penyuplai terlalu mahal untuk dijangkau
6. Mengurangi air hujan yang masuk kedalam saluran *drainase* kota.
7. Mengurangi titik-titik sumber pencemaran.
8. Mengurangi erosi dilingkungan perkotaan.
9. Menyediakan air secara alami.
10. Menyediakan air dengan pH netral atau sedikit asam.

11. Menyediakan air yang bebas sodium, bagi mereka yang diet rendah sodium.
12. Menyediakan air yang berkualitas baik untuk irigasi
13. Menyediakan air untuk keperluan dalam ruangan akan tetapi tidak sebagai sumber air minum.
14. Menyediakan air yang aman untuk dapat dikonsumsi manusia, setelah proses treatment yang tepat.
15. Membantu mengurangi penggunaan air pada puncak musim panas.
16. Menyediakan air untuk kebutuhan pendinginan dan pengkondisian suhu tanaman.
17. Menyediakan air untuk mencegah terjadinya kebakaran.
18. Mengurangi tagihan pembayaran air.

Pemanfaatan air hujan mampu memberikan beberapa manfaat tambahan yakni mengurangi penggunaan air untuk pemanas air, pipa, kran dan *shower*. Air hujan membantu mengurangi penggunaan persediaan air kota dan mengurangi jumlah *deterjen* yang mereka gunakan untuk keperluan operasional laundry. [19]

2.5 Tanki Penyimpanan Air Hujan

Tanki penyimpanan air hujan digunakan untuk mengumpulkan air hujan agar dapat dimanfaatkan, penggunaan tanki dapat mengurangi pengguna air tanah maupun dari PAM JAYA. Air yang tersimpan dapat digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan alternatif untuk irigasi, *flushing toilets*, mesin cuci, mencuci mobil dan juga dapat digunakan untuk air minum. Tanki air hujan dapat dipasang dibawah tanah untuk mengurangi area tanki, lahan diatasnya dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain, manfaat tanki air hujan selain menyimpan air hujan pada masa kering, dapat juga dimanfaatkan untuk menyimpan air *condensate*, serta *grey water* setelah mengalami *treatment* terlebih dahulu.

2.6 Grey Water

Grey water merupakan air limbah rumah tangga yang tidak termasuk dalam limbah *toilets*. *grey water* air limbah hasil penggunaan *bathtub*, *shower*, *wastafel* kamar mandi dan air dari mesin cuci. Menurut (*Uniform Plumbing Code, Appendix G* sistem *grey water* hunian keluarga *single*) air limbah hasil buangan dari *wc*, *bathtub*, *shower*, pakian, mesin cuci dan air sisa *laundry*. (*International Plumbing Code, Lampiran C, Grey Water Recycling System*). Beberapa negara dan pemerintah daerah mendefinisikan hasil limbah dari *wastafel* termasuk *grey water*. [11]. Pemanfaatan kembali *grey water* merupakan hal yang menarik untuk dikaji dalam salah satu pilihan manajemen air. Salah satu hal yang menjadi perhatian pemanfaatan *grey water* yakni adanya *microorganism* berbahaya, seperti (*Salmonella*, *Shigella* dan *virus Polio Type 1 Cryphycoccus Aureus dan Pseudomonas Aeruginosa*) terkandung dalam *grey water*. Hal ini menjadi tantangan kedepan mengenai pemanfaatn *grey water* akibat adanya *microorganism pathogen*. [20]. Pengolahan *grey water* dan memanfatkannya kembali adalah pilihan untuk menanggulangi krisis kekurangan air di berbagai belahan dunia, terutama daerah perkotaan. *Treatment grey water* secara *anaerobic* sebagai alternatif berbiaya murah dan hemat energi. [21] *grey water* memiliki rentang kualitas yang berbeda seperti pada tabel 2.1 Meskipun ada perbedaan variasi kualitas *grey water*, hasil analisa *grey water* memiliki karakteristik berbeda antara *grey water* dari dapur dengan *grey water laundry*. Berdasarkan studi [22] seperti pada tabel 2.2, *grey water* memiliki kandungan tinggi S, Ca, K dan AL serta tingkat konsentrasi *nutrien*.

Tabel 2.1 Karakteristik *grey water* dengan beberapa kategori

Parameter	Bathroom	Laundry	Kitchen	Mixed
pH (-)	6,4-8,1	7,1-10	5.9-7.4 134-	6.3-8.1
TSS (mg/l)	7-505	68-465	1300	25-183
Turbidity (NTU)	44-375	50-444	298.0	29-375
COD (mg/l)	100-633	231-2950	26-2050 536-	100-700
BOD (mg/l)	50-300	48-472	1460	47-466
TN (mg/l)	3.6-19,4	1.1-40.3	11.4-74	1.7-34.3
TP (mg/l)	0.11- >48.8	ND- >171	2.9- >74	0.11-22.8
Total coliforms (CFU/100 ml)	10-2.4X 10 ⁷	200.5-7X 10 ⁵	>2.4X 10 ⁸	56-8.03X 10 ⁷
Faecal coliforms (CFU/ 100 ml)	0-3.4X 10 ⁵	50-1.4X 10 ³		0.1-1.5X 10 ⁸

2.7 Black Water

Black water merupakan air yang dihasilkan dari aktifitas sehari-hari seperti *flushing toilets* dan *urinals*. *Black water* dikategorikan sebagai air limbah yang dihasilkan baik dari limbah rumah tangga maupun dari aktifitas mandi cuci kakus sebuah gedung. *Black water* memiliki kandungan biologi yang tinggi dan jika penanganannya tidak tepat atau terjadi kebocoran yang menyebabkan pencemaran lingkungan, serta dalam *black water* banyak terkandung banyak *virus* dan *bakteri* yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia seperti pada tabel 2.3. Sehingga penanganan *black water* sangat penting untuk menjaga agar tidak terjadi pencemaran ke sumber air bersih. *Black water*

dapat dilakukan *treatment* untuk pemanfaatan sebagai pupuk organik akan tetapi tidak dapat digunakan kembali seperti *grey water* yang dapat di *treatment* dan dijaikan sumber air alternatif.

Tabel 2.2 Karakteristik *black water* [23]

Parameter	Study Average	Nolde Et al. Mainly Btuh and Shower	Palmquist et al.
pH	7,1	-	7,5
T, °C	22	-	-
BOD, mgL ⁻¹	90	50-100	418
Total COS, mgL ⁻¹	245	NA	558
Soluble COD, mgL ⁻¹	177	05-11	NA
TKN, mgL ⁻¹	9	NA	9,68
NH ₄ ⁺ -N, mgL ⁻¹	1,3	0,2-0,6	NA
T-P, mgL ⁻¹	7,3	NA	7,53
TSS, mgL ⁻¹	48	NA	630
VSS, mgL ⁻¹	39	NA	330
Oil and Grease, mgL ⁻¹	<2	NA	NA
Conductivity, μscm	401	NA	NA
Total Dissolved Solids, mgL ⁻¹	301	NA	NA
Colour, Pt-Co	12,2	NA	NA
Total Clorim/100mL	13634	10 ²	NA
fecal Colirm/100ml	3565	10 ²	NA

2.8 Air Condensate

Pengunan *Air Conditioner* di seluruh dunia umumnya untuk membuat kenyamanan suhu ruangan maupun dan pengawetan

bahan makanan. Hasil dari penggunaannya menghasilkan *condesate* berupa air. Air kondesat padasarnya memiliki kandungan mineral yang rendah, akan tetapi dimungkinkan memiliki kandungan bakteri. Umumnya air hasil *condesate* dibuang begitu saja ke saluran *irigasi*, potensi tersebut dapat dimanfaatkan untuk keperluan mencuci akan tetapi harus dilakukan *treatment* terlebih dahulu seperti menggunakan sinar UV, tablet *clorin*, injeksi *ozon*, atau dengan pemanasan hingga 140 °F. Air *Condensate* yang berkualitas tinggi dengan kandungan mineral dan kimia rendah banyak memiliki potensi lain seperti *flusing toilets*, menyiram tanaman. contoh aplikasi umum pemanfaatan Air *condensate* sebagai berikut:

1. *Landscape Irrigation* (tidak butuh *treatment* jika hanya digunakan untuk irigasi bawah permukaan)
2. Kolam renang (dengan *treatment biocide*)
3. *Domestik Water* (dengan *treatment biocide*)
4. *Cooling tower* (dapat langsung digunakan ke tower dengan menggunakan modulasi *valve*)
5. Industri pemurnian air

Saat ini sedang dikembangkan sistem *hybrid* kombinasi penggunaan air *condensate* dengan air hujan yang digabungkan dalam satu tanki. Akumulasi air *condensate* yang dihasilkan dapat juga dimanfaatkan sebagai penyuplai air *cooling tower* maupun sebagai air mancur karena kandungan mineral rendah sehingga sedikit menghasilkan endapan *residu mineral* [24].

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini akan dijelaskan tentang diagram alir Tugas Akhir. Diagram alir ini digunakan sebagai tata cara penyelesaian masalah dalam penelitian tugas akhir. Beberapa tahapan tersebut dapat dijelaskan pada *flowchart* penelitian Tugas Akhir di bawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara umum, tahapan yang digunakan selama pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Metodologi penelitian untuk mencapai tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan Sampel
Sampel yang digunakan berasal dari dinas pekerjaan umum,
2. Pengolahan data
Pada tahap ini pengolahan data dilakukan dengan dua cara yaitu analisa kuantitatif, analisa kuantitatif meliputi menghitung air yang digunakan dan yang dibutuhkan analisa dan pembahasan
3. Analisa dan pembahasan dilakukan dengan melihat hasil dari analisa kuantitatif dan analisa kualitatif yang telah dilakukan
4. Penyusunan laporan

3.1 Profil Kebutuhan Air Domestik

3.1.1 Jumlah Pegawai dan Jam Operasional

Kebutuhan air gedung dinas Pekerjaan Umum di pengaruhi oleh jumlah pegawai dan jam operasional gedung. Jam operasional sebuah perusahaan, lembaga atau gedung dapat berbeda. Sehingga profil *supply* dan *demand* sebuah gedung berbeda. Tabel 3.1 menunjukkan jumlah pekerja dan jam operasional gedung dinas Pekerjaan Umum.

Tabel 3.1 Jumlah Pegawai dan Jam Operasional

Pegawai (Orang)	Jam operasioanl (Jam/hari)
935	10

3.2 Kebutuhan Air Domestik

Merupakan kebutuhan operasional gedung, meliputi kebutuhan *wastafel*, wudhu, *shower* dan *urinal*. Kebutuhan ini merupakan kebutuhan total gedung setiap hari, yang menghasilkan air limbah berupa *grey water* dan *black water*. *grey water* terdiri dari hasil penggunaan *wastafel*, *shower*, dan lainnya dengan air yang sudah terkontaminasi. *Black water* memiliki kandungan bahan organik yang hasil keluaran dari *toilet* dan *urinal*. *Fluhsing toilet* dapat menggunakan total kebutuahn air secara umum 35% dari keseluruhan. [25].

3.2.1 Black Water

3.2.1.1 Flushing Toilets

Untuk dapat menghitung *flushing toilets* dapat menggunakan persamaan (1).(*FTD*) konsumsi penggguan *flushing toilet* (m^3 /hari), *F*(%) presentase jumlah pengguna, (*WF*) *water flow rate*, (*I*) *Interval*. Untuk mendapaktan volume air dalam (m^3), harus dikonversi liter ke (m^3) Pembagian nilai 1000 mengubah dimensi satuan air menjadi (m^3).

$$FTD = \frac{F(\%) \times WF \times I}{1000} = (m^3/hari) \quad (3.1)$$

3.2.1.2 Urinal

Untuk dapat menghitung urinal dapat menggunakan persamaan (3.2).(*UFD*) konsumsi penggguan *flushing toilet* (m^3 /hari), *F*(%) jumlah pengguna, (*WF*) *water flow rate*, (*I*) *interval*. Pembagian nilai 1000 mengubah dimensi satuan air menjadi (m^3)

$$UFD = \frac{F(\%) \times WF \times I}{1000} = (m^3/hari) \quad (3.2)$$

3.3.2 Grey Water

3.3.2.1 Wastafel

Hasil dari pemakaian *wastafel* masuk dalam kategori *grey water* yang dapat dihitung dengan persamaan (3.3) (*WSD*) banyaknya air yang digunakan untuk *wastafel* ($m^3/hari$), $F(\%)$ Jumlah pengguna, (T) waktu, (I) *Interval*, (WF) *Water flow rate*. Pembagian nilai 1000 mengubah dimensi satuan air menjadi (m^3).

$$WSD = \frac{F(\%) \times T \times I \times WF}{1000} = (m^3/hari) \quad (3.3)$$

3.3.2.2 Wudhu

Hasil hasil pemakaian air untuk wudhu masuk dalam kategori *grey water*. Volume air untuk wudhu dapat dihitung dengan persamaan (3.4) (*WCD*) banyaknya air yang digunakan untuk wudhu ($m^3/hari$), $F(\%)$ presentase jumlah pengguna, (T) waktu, (I) *interval*, (WF) *water flow rate*. Pembagian nilai 1000 mengubah dimensi satuan air liter menjadi (m^3).

$$WCD = \frac{F(\%) \times T \times I \times CW}{1000} = (m^3/hari) \quad (3.4)$$

3.3.2.3 Shower

Hasil hasil pemakaian air untuk shower masuk dalam kategori *grey water*. Volume air untuk shower dapat dihitung dengan persamaan (3.5) (*SCD*) banyaknya air yang digunakan untuk *shower* ($m^3/hari$), $F(\%)$ presentase jumlah pengguna, (T) waktu, (WF) *water flow rate*. Pembagian nilai 1000 mengubah dimensi satuan air menjadi (m^3).

$$SCD = \frac{F(\%) \times T \times WF}{1000} = (m^3/hari) \quad (3.5)$$

3.3 Volume Air Harian

Perhitungan antara *supply* dan *demand* dilakukan perhari untuk mengetahui kebutuhan air yang sesungguhnya. Perhitungan perhari dapat mengetahui jumlah air yang digunakan, jumlah sumber air alternatif yang dapat ditampung, kebutuhan defisit air perhari. Sehingga persamaan setiap hari seperti pada persamaan (3.9).

$$Vtd = SD - D \quad (3.9)$$

$$Vtd = 0, \text{ untuk } Vtd < 0 \quad (3.10)$$

$$Vtd = C, \text{ untuk } Vtd > 0 \quad (3.11)$$

Dengan penjelasan

Vtd = Volume air perhari

SD = Sumber air alternatif dari (*VR* + *VC* + *Vgr*)

VR = Volume air hujan

VC = Volume air condensate

Vgr = Volume grey water (*WSD* + *WCD* + *SCD*)

WSD = Volume air wastafel

WCD = Volume air wudhu

SCD = Volume air shower

3.4 Sumber Air Alternatif

3.4.1 Data Curah Hujan

Data curah hujan selama 10 tahun didapatkan dari dinas Pekerjaan Umum wilayah Jakarta. Data tersebut dibutuhkan untuk mengetahui potensi air hujan yang dapat digunakan pada wilayah Jakarta, penggunaan data selama 10 tahun sesuai dengan syarat yang ditentukan oleh *Rating Tools 1.2* mengenai data hujan yang menjadi acuan untuk mendapatkan nilai rata-rata curah hujan seperti pada tabel 3.1 di sebuah wilayah. m^3

Tabel 3.2 Data curah hujan Jakarta

Tahun	Jumlah Hujan Harian (mm)	Jumlah Hari Hujan (days)	Rata-rata Hujan Harian (mm/days)	Curah Hujan Maksimum (mm)
2001	1538	118	13,03	82,3
2002	4484	184	24,37	133
2003	3886	145	26,80	99
2004	2175	133	16,35	157
2005	3468	170	20,40	114
2006	3561	141	25,26	104
2007	2454	93	26,39	175
2008	2678	151	17,74	129
2009	2866	227	12,63	80
2010	2011	117	17,19	129
Rata-rata Hujan Harian			20,01	175

3.4.2 Luas Atap Tata Ruang

Merupakan sebuah area yang digunakan untuk mengumpulkan air hujan. Air hujan yang dikumpulkan kemudian ditampung ke dalam tanki penampung hujan, seperti pada tabel 3.

Tabel 3.3 Luas Atap Tata Ruang

Collecting areas	(m ²)
Mahokta	846,07
Atap R. Mesin	607,16
Lantai Atap	
Atap Tangga	40
Atap Balkon	12
Canopy Main Entrance	285,03
Total	1790,26

3.4.3 Volume Air Hujan

Volume air hujan (VR) yang terkumpul (m^3 /hari), volume air hujan terkumpul dapat dihitung dengan (TRA) luas atap tata ruang (m^2), (I) intensitas hujan (mm /hari), (C) koefisien luas atap tata ruang, mengikuti standar (*Texas Rain Water Harvesting Guid Line, 2013*). (sebagai *atuococrection* untuk estimasi volume air hilang. Pembagian nilai 1000 mengubah dimensi satuan air menjadi (m^3) (3.7).

$$VR = \frac{I \times TRA \times C}{1000} = m^3/hari \quad (3.7)$$

3.4.4 Volume Grey water

Air grey water merupakan hasil dari aktifitas harian dari wastafel, shower dan wuhdu.

$$Vgr = WSD + WCD + SCD = m^3/hari \quad (3.8)$$

3.4.5 Volume Balck Water

$$Vbw = FTDW + FTDP + UFD = m^3/hari \quad (3.9)$$

3.4.6 Volume Air Condensate

Untuk meghitung air *condensate* (VC) dari aktivitas penggunaan penyejuk udara digunakan *condesnate calculator* menggunakan website. Berdasarkan hasil penghitungan air condensate yang dihasilkan perhari sebanyak $0,653 m^3$ perhari

Condensate Calculator

Outdoor Conditions		Indoor Conditions	
91 °F		77 °F	
63 % Relative Humidity		60 % Relative Humidity	
9.73 gr/ft ³	+	6.14 gr/ft ³	= 3.59 gr/ft ³
Tonnage of System	178	Outside Air	15 %
Gallons per Minute	0.29		
Gallons per Hour	17.26		
Gallons per Day	414.12		

Copyright © 2010 BuildingGreen, LLC and San Antonio Water System
www.buildinggreen.com

Gambr 3.2 *Condensate Calculator*

Tabel 3.4 Harga air bersih dari PAM JAYA

Konsumsi pemakaian air (m ³)	Harga (Rp/m ³)
1 - 10	6.825
11 - 20	8.150
>20	9.800

3.5 Pemodelan Optimasi Tanki

Pemodelan optimasi kapasitas tanki yang optimal untuk digunakan. Dapat dimodelkan dengan persamaan (3.12) sebagai berikut

$$z_{min} = P_{tank}T_{cap} + \sum_{t=1}^{\tau} b_t P_t \quad (3.12)$$

$$R_t \leq rt \quad 1 \leq t \leq \tau \quad (3.13)$$

$$I_t \leq T_{cap} \quad 1 \leq t \leq \tau \quad (3.14)$$

$$Ut + \sum_{j=1}^j P_{tj} = dt \quad 1 \leq t \leq \tau \quad (3.15)$$

$$I_t, R_t, U_t, P_{tj}, T_{cap} \geq 0 \quad 1 \leq t \leq \tau, 1 \leq j \leq j \quad (3.16)$$

dimana,

T_{cap} = Volume tanki air hujan yang di buat

P_{tj} = Jumlah air yang dibeli dari PAM Jaya dengan periode t dan harga tertentu.

I_t = Persediaan sumber air alternatif pada priode t.

R_t = Jumlah air hujan yang dapat terkumpul dalam periode t

U_t = Jumlah air hujan yang digunakan dari tanki air hujan untuk kebutuhan

Pemodelan solven menggunakan GRG Nonlinear karena curah hujan harian sangat fluktuatif selama 10 tahun.

3.6 Paramater Penelitian

Mendesain ukuran tanki yang optimal unutk penyimpanan air hujan dipengaruhi oleh beberapa parameter. Sehingga dibutuhkan paramater yang dapat mempengaruhi penyediaan dan kebutuhan dari kriteria optimasi tanki air hujan.

Untuk mengukur nilai tanki yang optimal. Menggunakan program solver yang diperlukan parameter-paramater dijadikan sebagai batasan (*Constraint*), sel pengatur (*Adjusttable cells*) dan sel untuk menempatkan hasil akhir perhitungan (*Objective function*). Berikut akan dijelaskan parameter-parameter yang dipergunakan dalam perhitungan optimasi dengan solver.

Kebutuhan air domestik perhari : 16,57 m³ Kebutuhan air hari berikutnya: (akan dilakukan proyeksian) *Objective function* pada penelitian ini adalah meminimalkan *Opex* dan *Capex* dalam 10 tahun seperti pada persamaan (3.12) dengan P_t merupakan jumlah air yang dibeli dari PAM JAYA dengan periode t dan harga tertentu yang tetap, T_{cap} sebagai kapasitas tanki yang di desain, b_t merupakan harga volume air yang dibeli dari PAM JAYA. Untuk konstrain persamaan (3.13) R_t jumlah air hujan yang dapat tersedia lebih kecil atau sama dengan r_t jumlah air hujan yang dapat di tampung. Persamaan konstrain (3.14) I_t persedian air sumber air alternatif pada periode t leih kecil atau sama dengan T_{cap} kapsitas tanki yang di buat. Untuk pseramaan (3.15) U_t jumlah air hujan yang digunakan dari tanki air hujan untuk kebutuhan domestik ditambah P_{tj} jumlah air yang dibeli

dari PAM JAYA dengan periode t dan harga tertentu sama dengan d_t kebutuhan domestik air harian. Persamaan (3.16) kondisi konstrain I_t persediaan sumber air alternatif pada priode t , R_t jumlah air hujan yang dapat terkumpul dalam periode t , U_t jumlah air hujan yang digunakan dari tanki air hujan untuk kebutuhan, T_{cap} volume tanki air hujan yang di buat lebih besar dari 0 karena adanya volume penggunaan sehingga di dapat.

Kapasitas optimal taki optimal	: 8,64 m ³
Capex (Rp.)	: Rp. 26.353.209
Opex. (10 tahun)	: Rp 201.109.746
Objective function	: $Z_{\min} = Capex + Opex$

3.7 Optimasi Menggunakan Solver

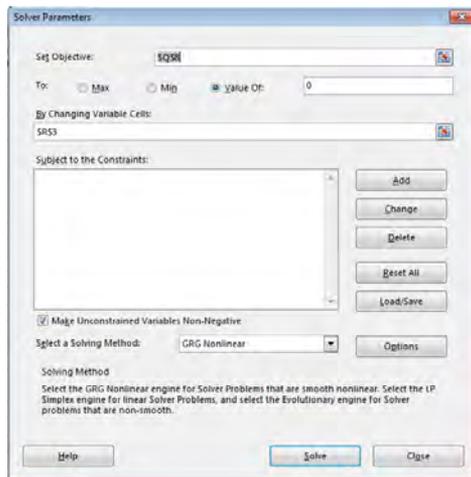
Solver dapat digunakan untuk menentukan nilai maksimum atau minimum pada datu sel dengan mengubah sel yang lain. Ketiga bagian diatas merupakan kotak isian yang digunakan untuk memasukan nilai

Solver merupakan bagian dari seraingkain perintah yang sering kal disebut *what-if analysis tool*. Fasilitas ini bekerja dengan sel-sel satu grup yang saling terhubung, baik secara langsung maupun tidak langsung (*Directly-indirectly*), untuk *formula* pada sel target. Cara perhitungan solver terdiri dari tiga inputan data yang utama, diantaranya akan dijelaskan pada Gambar 3.3 merupakan tampilan menu solver paramater untuk menentukan target *cell*, *objective function (max,min)*. Ketiga bagian kolom yang ditunjuka oleh gambar merupakan kotak isian yang digunakan untuk memasukan nilai. Berikut urutan mealukan input data untuk perhitungan optimasi menggunakan solver dan penjelasan untuk masing-masing kolom isian tersebut:

1. Urutan yang pertama ditunjukan pada kolom 1, adlah cel target (*target cells/objective funciton*), sel ini menmpatkan hasil akhir pemerosesan.
2. Urutan yang kedua ditunjukkan pada kolom ke dua adalah sel pengatur(*Adsjutable cells*). *Solver* perubahan nilai pada sel yang spesifik dengan tujuan untuk mem

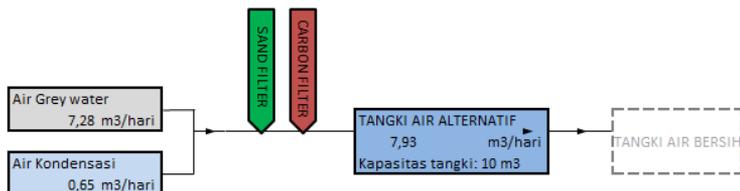
produksi hasil sesuai dengan formula yang sudah ditentukan.

- Urutan yang ketiga ditunjukkan pada kolom 3, adalah sel pembatas (*Constrained cells*). *Constraint* digunakan untuk membatasi nilai *solver* yang dapat digunakan pada suatu model tertentu. *Constrain* mengacu pada sel yang mempengaruhi formula pada *cell target*. [26]



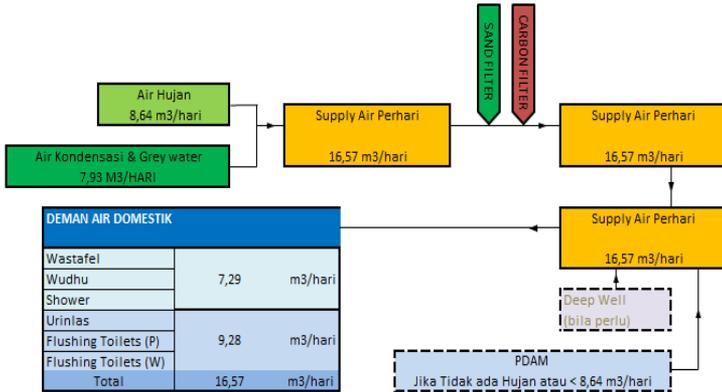
Gambar 3.3 Menu solver

3.8 Skematik Air Grey Water dan Black Water



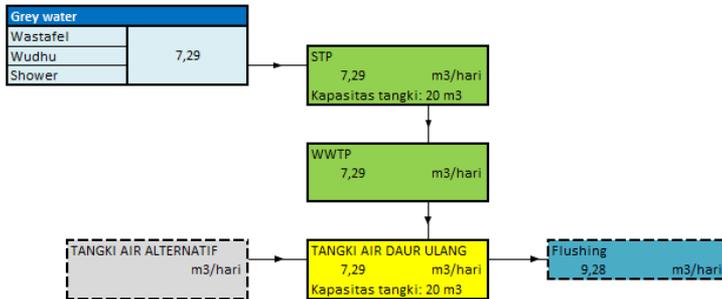
Gambar. 3.4 Skematik Grey Water dan Black Water

3.9 Skematik Air Hujan, Grey Water dan Air Condensate



Gambar. 3.5 Skematik Air Hujan, Grey water Dan air Condensate

3.10 Skematik Penggunaan Gery water untuk Flushing Toilets



Gambar 3.6 Skematik grey water untuk flusing toilets

3.11 Estimasi Biaya

Estimasi biaya merupakan biaya yang harus di kelurakan untuk menghitung tolal dari *Capex* yang harus dikeluarkan untuk

investasi awala untuk menghitung per unit menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Cost Estimation

Penggunaan persamaan (3.15) diguna untuk menghitung setiap peralatan yang di butuhkan untuk dalam penelitian ini seperti tanki, pompa, pipa dana filter yang dibutuhkan. Analisa untuk menghitung peralatan memiliki eksponen faktor ukuran yang bervariasi eksponen (M) seperti pada tabel 3.5. karena harga menggunakan kurs (\$) dolar Amerika sehigga dikonversikan ke dalam (Rp) Indonesia dengan patokan Rp. 13.900 menggunakan data Anggaran Pendapatan Belanja Nasional (APBN) 2016. [27]

Tabel 3.5 Cost Estimation

Equipment	Base Cost (CB) \$	Capacity (Q)	Base Size (QB)	Cost exponen (M)	Price Component (CE) \$
Storage Tank	1.800,00	8,64	3,78	0,57	2.883,47
Centrifugal Pump	1.970,00	5	2	0,35	2.714,85
Pipe	2.320,00	5	2	1,7	11.015,04
Filter	1.294,00	15	10	0,49	1.578,41
Valve	2.000,00	5	2	0,97	4.864,43

$$C_E = C_B \left(\frac{Q}{Q_B} \right)^M \quad (3.15)$$

C_E = Biaya Peralatan dengan kapasitas Q

C_B = Perkiraan harga yang sudah di ketahui Q_B .

M = Konstanata setiap peralatan.

Selain biaya pembelian peralatan investasi diperlukan untuk memasang peralatan biaya pemasangan meliputi:

- Biaya pemasangan
- Pipa dan katup
- Sistem kontrol
- Pendanaan
- Struktur
- Pengisolasian
- Listrik biaya rekayasa [28]

2. Index Cost

Index merupakan indek biaya yang digunakan untuk masyarakat umum atau indek harga konsumen yang di publikasikan oleh Magazine chemical engineering ce plant cost index tahun 2000 dan 20015 Index harga konsmen digunakan dalam rekayasa dan teknis yang berguna untuk menentukan harga peralatan dalam beberapa waktu yang lalu dan sekarang sehingga dapat diketahui perubahan biaya menggunakan indeks rasio. [28] seperti pada persamaan (3.16)

$$C = C_E \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (3.16)$$

C = Harga saat ini

C_E = Harga dasar

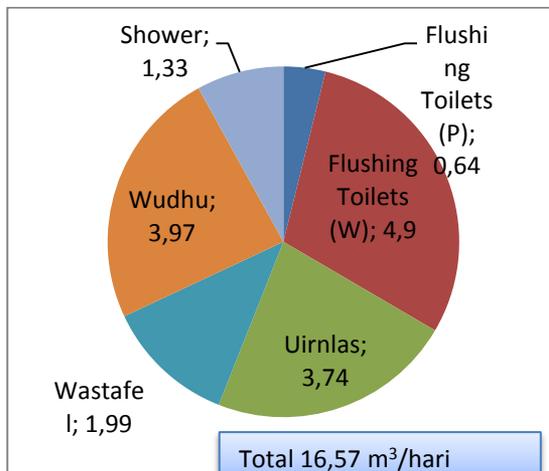
I = Indeks saat ini

I_0 = Basis indeks

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan harian air yang digunakan pada gedung dinas Pekerjaan Umum. Kebutuhan air domestik terbagi menjadi dua, yakni *black water* dan *grey water*. Kebutuhan air domestik harian dapat dilihat pada gambar 4.1. Untuk pemenuhan kebutuhan air domestik dilakukan perbandingan penggunaan menggunakan sumber air alternatif dan sumber air PAM JAYA. Sehingga dapat diketahui dari penggunaan kedua sumber air tersebut yang dapat memberikan *benefit* yang lebih besar. Walau dalam pemanfaatan menggunakan sumber air alternatif membutuhkan *Capex* dan *Opex* yang harus dikeluarkan sebagai biaya investasi awal dan operasional harian



Gambar 4.1 Kebutuhan Air Domestik Harian

4.1.1 Black Water

Kebutuhan *black water* harian dapat dihitung untuk mengetahui besaran jumlah air yang dibutuhkan untuk di *supply* setiap hari.

4.1.1.1 Kebutuhan Air Untuk *Flusing Toilet* (Pria)

$$FTD = \frac{468 \times 4,56 \times 0,3}{1000} = 0,64 \text{ (m}^3\text{/hari)}$$

Tabel 4.1 *Plumbing fixture lushing toilets pria*

<i>Plumbing fixture</i>	<i>Parameter</i>	<i>Range</i>	<i>Interval</i>
<i>Flushing toilets pria</i>	<i>Water flow rate</i>	4.56 l/flush	1/menit
	Jumlah pengguna	50%	0,3/hari

4.1.1.2 Kebutuhan Air Untuk *Flushing Toilet* (Wanita)

$$FTD = \frac{468 \times 4,56 \times 2,3}{1000} = 4,90 \text{ (m}^3\text{/hari)}$$

Tabel 4.2 *Plumbing fixture flushing toilets wanita*

<i>Plumbing fixture</i>	<i>Parameter</i>	<i>Range</i>	<i>Interval</i>
<i>Flhusing toilets wanita</i>	<i>Water flow rate</i>	5,56 l/flush	1 menit
	Jumlah Pengguna	50%	2,3/hari

4.1.1.3 Kebutuhan Air Untuk *Urinal*

$$UFD = \frac{468 \times 4 \times 2}{1000} = 3,74 \text{ (m}^3\text{/hari)}$$

Tabel 4.3 *Plumbing fixture urinlas*

<i>Plumbing fixture</i>	<i>Parameter</i>	<i>Range</i>	<i>Interval</i>
<i>Urinals</i>	<i>Water flow rate</i>	4 /flush	1 menit
	Jumlah Pengguna	50%	2/hari

4.1.2 Grey Water

4.1.2.1 Kebutuhan Air Untuk Wastafel

$$WSD = \frac{935 \times 0.15 \times 2.5 \times 5.67}{1000} = 1.99 \text{ (m}^3\text{/hari)}$$

Tabel 4.4 *Plumbing fixture wastafel*

<i>Plumbing fixture</i>	<i>Parameter</i>	<i>Range</i>	<i>Interval</i>
<i>Wastafel</i>	<i>Water flow rate</i>	5,67 l/flush	1/menit
	Jumlah Pengguna	100%	2,5/hari
	Waktu	0.15 menit	-

4.1.2.2 Kebutuhan Air Untuk Wudhu

$$WCD = \frac{467 \times 0.5 \times 3 \times 5.67}{1000} = 3.97 \text{ (m}^3\text{/hari)}$$

Tabel 4.5 *Plumbing Fixture wudhu*

<i>Plumbing fixture</i>	<i>Parameter</i>	<i>Range</i>	<i>Interval</i>
<i>Wudhu</i>	<i>Water flow rate</i>	5,67l/flush	1/menit
	Jumlah Pengguna	50%	3/hari
	Waktu	0.5 menit	

4.1.2.3 Kebutuhan Air Untuk Shower

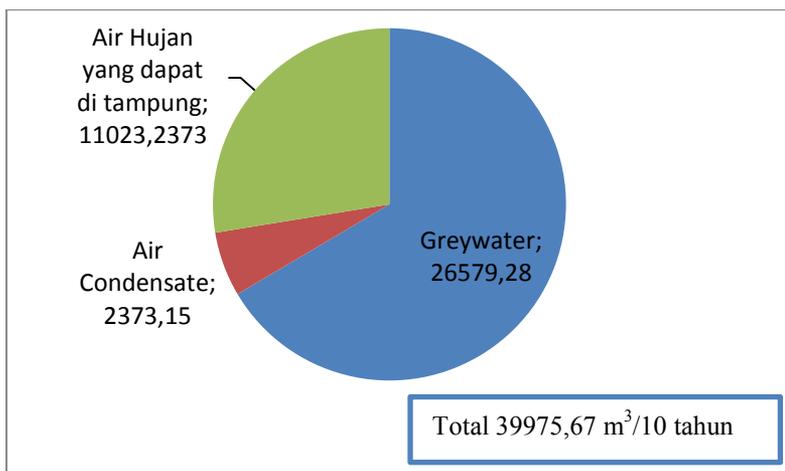
$$SCD = \frac{46 \times 5 \times 5.67}{1000} = 1.33 \text{ (m}^3\text{/hari)}$$

Tabel 4.6 Plumbing fixture shower

<i>Plumbing fixture</i>	<i>Parameter</i>	<i>Range</i>	<i>Interval</i>
	Water flow rate	5,67 l/flush	1/menit
Shower	Jumlah pengguna	5%	
	Waktu	5 menit	

4.2. Sumber Air Alternatif

Sumber air alternatif meliputi tiga jenis sumber yakni, sumber air alternatif dari air hujan, *grey water* dan air *condensate*. Volume total sumber air alternatif selama 10 tahun dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Komposisi Perbandingan Sumber Air Alternatif

4.2.1 Air Hujan

Data curah hujan yang digunakan yakni data curah hujan harian. Seperti pada tabel 3.2 data menggunakan data curah hujan dari Dinas Perkerjan Umum dan data perbandingan menggunakan data curah hujan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), data curah hujan selama rentang 10 tahun mulai tahun 2001 sampai 2010. Data curah hujan digunakan untuk memproyeksikan potensi air hujan yang dapat digunakan untuk sumber alternatif pada gedung Dinas Pekerjaan Umum. Tujuan penggunaan air hujan sebagai sumber alternatif yakni menggantikan *supply* air dari PAM JAYA atau mengurangi ketergantungan *supply* PAM JAYA. Selain mampu mengurangi , juga dapat membantu mengurangi beban darinase kota akibat dari limpasan air hujan. Sehingga pemafaatan air hujan dapat mencegah atau mengurangi potensi banjir yang kerap terjadi di DKI jakarta. Hal ini sejalan dengan aturan *GBCI* yang ada pada *Rating Tools 1.2* sebuah gedung mampu menampung 50% debit curah hujan pada gedung tersebut. Selain pemanfaatan air hujan untuk kebutuhan harian, air hujan yang tidak tertampung di injeksi ke dalam tanah untuk meningkatkan jumlah air yang berada di tanah sehingga mengurangi dari turunya permukaan air tanah serta mencegah air laut masuk kedalam air tanah. Karena letak wilayah jakarta yang berada di pesisir pantai

4.2.2 Grey Water

Grey water merupakan air hasil dari aktifitas seperti penggunaan *wastafel*, *shower*, mencuci dan wudhu. Banyaknya atau sedikit *grey water* yang dihasilkan setiap hari dipengaruhi oleh jumlah penggunaan harian serta durasi setiap kali pemakaian. *Grey water* memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan kembali sebagai pemenuhan kebutuhan *black water* yang terdiri dari, *flushing toilets* dan *urinals*. Pemanfaatan *grey water* mampu mengurangi kebutuhan air sebesar 56% setiap hari. Pemanfaatan *grey water* merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk wilayah dengan sumber daya air terbatas

khususnya wilayah perkotaan dimana penggunaan air tanah yang tidak terkendali dapat mempengaruhi kuantitas dan kualitas air tanah pada wilayah tersebut.

4.2.3 Air Condensate

Air *Condensate* berasal dari penggunaan *Air Cnditioner* termasuk dalam sumber air alternatif yang potensi pemanfaatannya belum banyak dimanfaatkan. Berdasarkan hasil pengukuran pada gedung Dinas Pekerjaan Umum potensi perhari sebesar 0.65 m^3 dengan waktu operasional 10 jam perhari. Pengukuran air *condensate* menggunakan aplikasi online *condensate calculator* secara online dengan pada website (www.greenbuilding.com). Pengukuran ini memasukan beberapa parameter seperti kondisi lingkungan luar meliputi temperatur, kelembapan dan kondisi ruangan meliputi suhu ruangan dan kelembapan, serta tonase beban *refrigeran*. Komposisi perbandingan sumber air alternatif seperti pada gambar 4.2

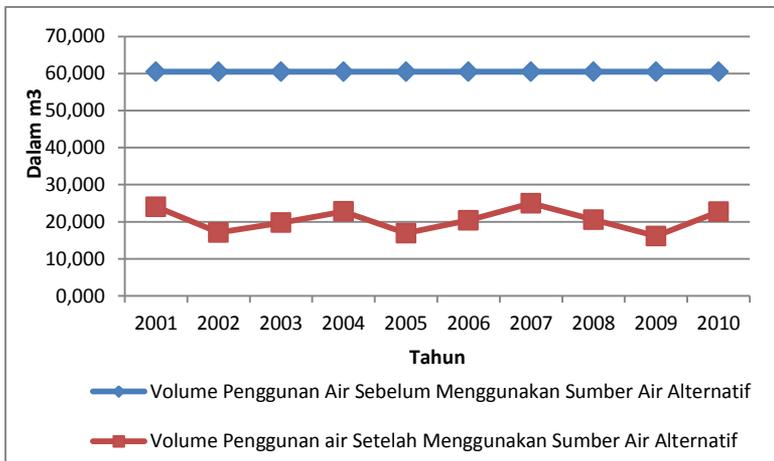
4.3 Volume dan Biaya Penggunaan

Volume penggunaan air di proyeksikan selama 10 tahun dengan kombinasi penggunaan volume air sebelum menggunakan sumber air alternatif dan volume air sesudah menggunakan volume air alternatif. Volume penggunaan air sebelum menggunakan air alternatif di *supply* menggunakan air dari PAM JAYA sehingga dalam 10 tahun penggunaan di Dinas Pekerjaan Umum seperti pada gambar 4.3

4.3.1 Volume Sebelum dan Sesudah Menggunakan Sumber Air Alternatif

Gambar 4.3 menjelaskan volume penggunaan air sebelum dan sesudah menggunakan sumber air alternatif. Semua kebutuhannya di *supply* dari sumber PAM JAYA. Volume penggunaan air menggunakan sumber air alternatif diasumsikan selama 10 tahun dengan menghitung penggunaannya setiap hari. Volume sumber air alternatif dipenuhi oleh ketiga sumber yakni. Air hujan, *grey water* dan air *condensate*. Dengan menggunakan volume air

alternatif dapat diketahui seberapa besar penghematan yang dapat dilakukan dalam rentang waktu 10 tahun. Sehingga potensi air alternatif dapat memberikan nilai tambah terhadap biaya operasi berupa berkurangnya biaya operasional gedung khususnya dalam penggunaan air. Karena penggunaan air sebuah gedung dapat mempengaruhi performa suatu gedung dalam penggunaan air. Setelah menggunakan volume air alternatif gedung dinas Pemerintahan Umum mampu mengurangi volume sebesar 39975,667 m³. Sebelum menggunakan sumber air alternatif membutuhkan sebesar 60497,070 m³ atau 66,07% Volume yang dapat dihemat setiap tahun seperti pada gambar 4.3



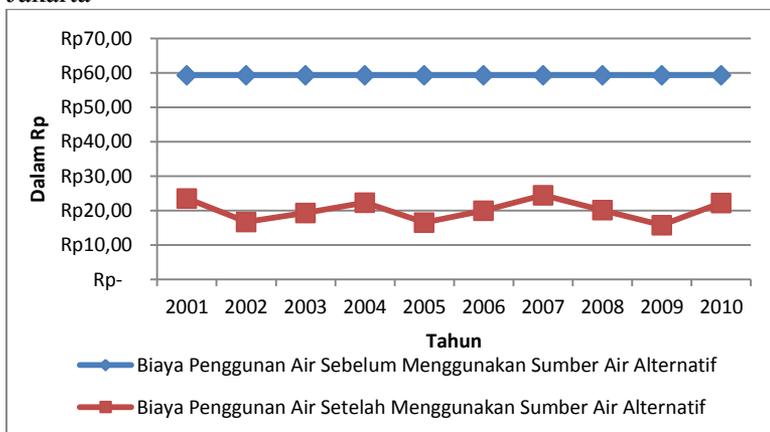
Gambar 4.3 Penggunaan Air Setelah dan Sebelum Menggunakan Sumber Air Alternatif

4.3.2 Biaya Penggunaan Air Sebelum dan Sesudah Menggunakan Sumber Air Alternatif

Besaran biaya penggunaan air sebelum menggunakan sumber alternatif selama 10 tahun dapat di proyeksikan pada gambar 4.4 patokan harga berdasarkan harga pemakaian rentang diatas > 20 m³, karena volume total bulanan yang dibutuhkan berada di 20 m³ sehingga harga per 1 m³ sebesar Rp. 9.800,00-. Berdasarkan

tabel 3.4. Jika instansi penggunanya berbeda maka harga yang dikenakan juga berbeda pula. Terutama instansi atau badan yang bergerak dalam bidang sosial kemasyarakatan akan dikenakan tarif yang berbeda. Sehingga biaya pertahaun untuk pengguna air dari PAM JAYA seperti pada gambar 4.4

Biaya pemakaian air diambil dari website PAM JAYA untuk harga yang berlaku pada tahun 2016. Proyeksi penggunaan harga tidak memperitungkan kenaikan akibat inflasi setiap tahunnya serta kenaikan biaya operasi dan distribusi yang diatur oleh PAM JAYA selaku penyedia jasa air bersih untuk wilayah Jakarta



Gambar 4.4 Biaya penggunaan Air sebelum dan Sesudah Menggunakan Sumber Air Alternatif

Biaya yang digunakan untuk operasional pembelian air menjadi berkurang sebelumnya biaya yang dikeluarkan dalam 10 tahun mencapai Rp. 592,871,539. setelah menggunakan air alternatif biaya dikeluarkan untuk membeli air dari PAM JAYA sebesar Rp 201,109,746 sehingga terjadi penghematan sebesar Rp 391,761,539 atau 60,74% biaya ini tidak termasuk investasi yang harus di keluarkan untuk membangun tanki dengan kapasitas 8.64 m³.

Pemanfaatan sumber air alternatif mampu memberikan *benefit* yang besar bagi perusahaan dalam mengurangi pengguna

air yang bersumber dari PAM JAYA. biaya penggunaan air pertahun dapat dilihat pada gambar 4.4.

4.4 Penghitungan Optimasi Tanki

4.4.1 Hasil Perhitungan Optimasi Solver Untuk Tanki

Berdasarkan paramater – parameter yang sudah dijelaskan pada bab 3 dan data – data mengacu pada pilihan jenis kapasitas tanki sehingga didapatkan hasil perhitungan desain yang ideal menggunakan solver pada tabel 4.7. untuk menentukan biaya instalasi umumnya sebesar 30% dari biaya pembuatan kaspitas tanki yang terpasang

Tabel 4.7 Cost Estimation

Komponen	Kapasitas	Capex (Rp)	Opex Instalasi (Rp) 30%	Jumlah
Tanki				
Carbon steel	8,64 m ³	58.235.240	17.470.572	1
Centrifugal Pump	5 kW	76.907.596	23.072.279	2
Pipe	5 inc	150.852.063	45.255.619	1 paket
Filter	15 m ³	21.926.638	6.577.991	1 paket
Valve	5 inc	66.618.839	19.985.652	1 paket
Total		374.540.377	112.362.113	
Total	Capex + Opex	486.902.490		

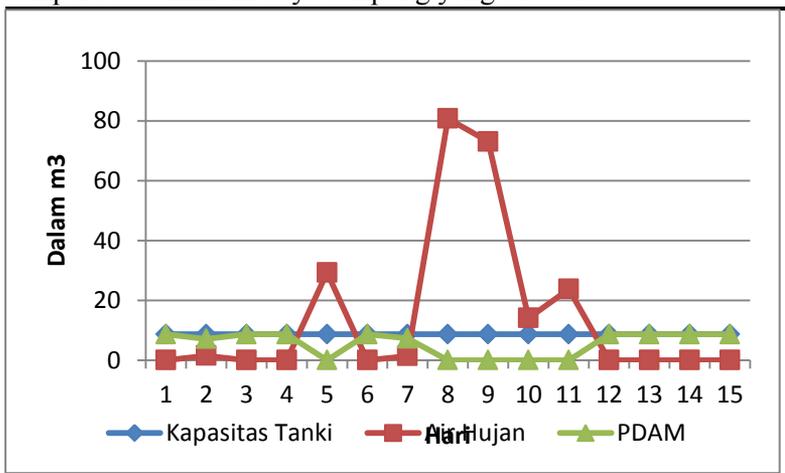
Dari hasil optimasi pada tabel 4.8 dapat disimpulkan bahwa hasil yang paling optimum untuk menentukan ukuran tanki penyimpanan air hujan dengan kapasitas 8,64 m³ dan Capex +Opex sebesar Rp. 486.902.490

Tabel 4.8 Biaya Operasi Pembelian Air (Opex)

Jenis	Volume m ³	Harga (Rp)	Total
Air PAM			
JAYA	20521	9.800	Rp. 201.109.746

4.4.2 Proyeksi Volume Harian Yang Dapat Di Tampung

Proyeksi volume harian yang ditampung seperti pada gambar 4.6 dengan proyeksi selama 15 hari, hal ini karena jika memasukan data selama 10 tahun akan sulit untuk membacanya. merupakan kondisi harian tanki, ketika air sumber alternatif seperti air hujan melebihi kapasitas yang di tampung maka air hujan akan di injeksi ke dalam tanah, sedangkan ketika volume sumber air alternatif tidak dapat memenuhi kebutuhan harian maka sumber air yang akan masuk ke dalam tanki berasal dari air PAM JAYA. Kapasitas yang *optimal* berdasarkan hasil penghitungan solver sebesar 8,64 m³, solver menghitung kapasitas yang optimal sebesar 8,64 m³ karena kebutuhan harian hanya sebesar 16,57 m³. Sedangkan jika kapasitas kurang dari 8,64 m³ maka pemanfaatan tanki kurang optimal karena tidak sampai batas minium daya tampung yang tersedia.



Gambar 4.5 Proyeksi volume air yang dapat di tampung perhari

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada Tugas Akhir ini dapat disimpulkan:

- Berdasarkan analisa dari penelitian sumber air alternatif berupa, *grey water*, air *condensate* dan air hujan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan harian gedung mampu mengurangi pemakaian air sebesar 39975,66 m³ dalam waktu 10 tahun atau 66,07%. Untuk biaya *opex* terjadi penghematan Rp 391.761.636 dapat mengurangi biaya penggunaan air sebesar 60,74. Untuk *capex* yang di butuhkan sebesar Rp. 486.902.490
- Berdasarkan hasil penlitian meningkatkan jumlah air tawar dapat dilakukan dengan injeksi air hujan yang tidak tertampung ke dalam tanah.
- Berdasarkan hasil hasil penghitungan meggunakan *tool solver* desain tanki yang optimal dengan kapasitas 8,64 m³. Kapsitas tersebut tidak melebihi dari kapasitas tanki hasrian sebesar 16,57 m³
- Berdarkan hasil dari penlitian metode pegguan sumber air alternatif dapat diaplikasikan pada gedung . terutama pada gedung yang memiliki areal untuk menampung curah hujan serta memanfaatkan sumber air alternatif lain.

5.2 Saran

- Untuk potensi jumlah debit air tawar yang di ijkesi ke dalam tanah dapat dihitung untuk penelitian selanjutnya sehingga diketahui jumlah air tawar yang bertambah.
- Untuk penelitian selanjutnya potensi air hujan yang dapat ditampug untuk seluruh kota dapat dihitung sehingga dapat mengetahui potensi penghetamatan

untuk wilayah kota yang sulit mendapatkan air hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. B. A. Gross, D.Kaplan, "Removal of Microorganisms From Domestic Greywater Using a," pp. 6133–6141.
- [2] E. Atasoy, S. Murat, A. Baban, and M. Tiris, "Membrane bioreactor (MBR) treatment of segregated household wastewater for reuse," *Clean - Soil, Air, Water*, vol. 35, no. 5, pp. 465–472, 2007.
- [3] P. . Bill Hicks, *A Cost benefit Analysis of Rainwater Harvesting at Comercial Facilities in Arlington Country, Virginia*, vol. 0. 2008.
- [4] C. Cheng, "Evaluating water conservation measures for Green Building in Taiwan," vol. 38, pp. 369–379, 2003.
- [5] E. Donner, E. Eriksson, D. M. Revitt, L. Scholes, H. C. H. Lützhøft, and a. Ledin, "Presence and fate of priority substances in domestic greywater treatment and reuse systems," *Sci. Total Environ.*, vol. 408, no. 12, pp. 2444–2451, 2010.
- [6] E. W. "Bob" Boulware, "Water Gathered from Clouds," in *Alternative Water Sources and Wastewater Management*, 2013, p. 349.
- [7] E. Friedler and M. Hadari, "Economic feasibility of on-site greywater reuse in multi-storey buildings," *Desalination*, vol. 190, no. 1–3, pp. 221–234, 2006.
- [8] GBCI, "Greenship Rating Tool," p. 1, 2010.
- [9] U. S. Green Building Council, "LEED v 4 for Building design and construction," p. 160, 2015.
- [10] D. K. R. Indonesia, *Rancangan anggaran pendapatan negara dan belanja negara*. 2016.
- [11] U. Indonesia, F. Teknik, P. Studi, T. Kimia, P. Magister, and M. Gas, "OPTIMASI DISTRIBUSI LPG DI JAKARTA," 2012.
- [12] B. Jefferson, a Laine, S. Parsons, T. Stephenson, and S. Judd, "Technologies for domestic wastewater recycling," *Urban Water*, vol. 1, no. 4, pp. 285–292, 2000.
- [13] C. Joustra, "An Integrated Building Water Management

- Model for Green Building,” 2010.
- [14] J. Krishna, “The Texas Manual on Rainwater Harvesting,” *Texas Water Dev. Board*, vol. 1, no. 3^a, p. 88, 2005.
- [15] F. Li, J. Behrendt, K. Wichmann, and R. Otterpohl, “Resources and nutrients oriented greywater treatment for non-potable reuses,” *Water Sci. Technol.*, vol. 57, no. 12, p. 1901, 2008.
- [16] C.-H. Liaw and Y.-C. Chiang, “Dimensionless Analysis for Designing Domestic Rainwater Harvesting Systems at the Regional Level in Northern Taiwan,” *Water*, vol. 6, no. 12, pp. 3913–3933, 2014.
- [17] P. T. Lingkungan, “Pemanfaatan air tanah jakarta,” vol. 5, no. 1, 2009.
- [18] J. Loux, R. Winer-skonojd, and E. Gellerman, “Evaluation of Combined Rainwater and Greywater Systems for Multiple Development Types in Mediterranean climates,” vol. 2, no. 1, pp. 55–77, 2012.
- [19] C. O. Okoye, O. Solyali, and B. Akintuğ, “Optimal sizing of storage tanks in domestic rainwater harvesting systems: A linear programming approach,” *Resour. Conserv. Recycl.*, 2015.
- [20] H. Palmquist and J. Hanaeus, “Hazardous substances in separately collected grey- and blackwater from ordinary Swedish households,” *Sci. Total Environ.*, vol. 348, no. 1–3, pp. 151–63, 2005.
- [21] T. Rainwater and H. Evaluation, “Rainwater Harvesting Potential and Guidelines for Texas Report to the 80 th Legislature,” no. November, 2006.
- [22] D. J. Sample and J. Liu, “Optimizing rainwater harvesting systems for the dual purposes of water supply and runoff capture,” *J. Clean. Prod.*, vol. 75, no. January, pp. 174–194, 2014.
- [23] C. Santasmasas, M. Rovira, F. Clarens, and C. Valderrama, “Grey water reclamation by decentralized MBR prototype,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 72, pp.

- 102–107, 2013.
- [24] R. Smith, *Chemical Process Design and Integration*. 2005.
- [25] A. Stec and S. Kordana, “Analysis of profitability of rainwater harvesting, gray water recycling and drain water heat recovery systems,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 105, pp. 84–94, 2015.
- [26] U.S. Green Building Council(USGBC), “LEED v4 User Guide.” p. 39, 2013.
- [27] E. L. Villarreal and A. Dixon, “Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden,” *Build. Environ.*, vol. 40, no. 9, pp. 1174–1184, 2005.
- [28] F. A. Wickstead, “Quantifying the Benefits of Greywater Systems COPYRIGHT 2011 BY FRANK ANTHONY WICK STEAD Quantifying the Benefits of Greywater Systems,” no. May, 2011.
- [29] R. E. Zigenfus, “Element Analysis of the Green Building Process,” 2008.

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Ahmad Restu Fauzi. Penulis lahir di Bekasi, pada tanggal 23 April 1992. Jenjang pendidikan yang telah ditempuh penulis adalah Sekolah Dasar Negeri Sukamurni 02 pada tahun 1998-2004. Melanjutkan Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Sukatani pada tahun 2004-2007. dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Cikarang Utara pada tahun 2007-2010. Selama menempuh pendidikan Sekolah Menengah, penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun non akademik (ekstrakurikuler). Dalam kegiatan non akademik, penulis aktif dalam kegiatan ekstrakurikuler OSIS dan Silat. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Jurusan Elektronika dan Instrumentasi Universitas Gadjah Mada untuk jenjang Diploma. Aktif pada organisasi Keluarga Mahasiswa Diploma Elektronika dan Instrumentasi dan BEMKM UGM . Kemudian melanjutkan kuliah di Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) untuk jenjang Strata 1. Adapun saran dan kritik yang membangun untuk penulis dapat dikirim melalui email ahmad.restu.fauzi13@mhs.ep.its.ac.id