

Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

# Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 | ISSN (Online) 2597-5129|



Artikel Penelitian

## Perencanaan Rainwater Harvesting System Dengan Metode Roof Catchment (Studi Kasus: Gedung 8, Institut Teknologi Nasional, Bandung)

*Annisa' Rahmawaty\**<sup>1)</sup>, *Aryl Tri P*, *Ghifari Salman R*, *Hisyam Azmi S*, *Ilham Dwi P*, *Salsabila Putri N*, *Salsya Aliya F*

*Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Bandung*

\*Koresponden: [anisarahmawaty87@gmail.com](mailto:anisarahmawaty87@gmail.com)

Diterima: 14 Juni 2022

Diperbaiki: 14 Juli 2022

Disetujui: 30 Juli 2022

### A B S T R A C T

The Rainwater Harvesting System Development Planning which will be built using the Roof Catchment method in Building 8 Campus of the National Institute of Technology is an effort to implement policies for soil conservation, collecting rainwater so that it can be reused and participating in environmental protection and planning. The data needed in planning the Rainwater Harvesting System is data on water needs, rainfall, active student data and the existing condition of the building which will later be planned for the Rainwater Harvesting System. After doing the calculations, it was found that the water needs of students in building 8 is 1,168.8 m<sup>3</sup>/month, the tank volume is 11,159.39 m<sup>3</sup> with a depth of 2 m and a tank width of 2.4 m, rainwater discharge is 134,564 m<sup>3</sup>/s, and dimensions gutter signs of 9 m with a length of 22 m as many as 4 (four) gutters. The construction of the Rainwater Harvesting System is expected to be an alternative in minimizing the use of uncontrolled groundwater and utilizing rainwater as a substitute when the dry season comes. Planning for the Rainwater Harvesting System in Building 8 of the National Institute of Technology requires a cost of Rp. 63,522,000.00

**Keywords:** Rainwater Harvesting System, Roof Catchment, Gutter

### A B S T R A K

Perencanaan Pembangunan Rainwater Harvesting System yang akan dibangun dengan metode Roof Catchment di Gedung 8 Kampus Institut Teknologi Nasional merupakan upaya dalam pelaksanaan kebijakan untuk konservasi tanah, menampung air hujan agar dapat digunakan kembali serta peran serta dalam perlindungan dan perencanaan lingkungan hidup. Data yang dibutuhkan dalam perencanaan Rainwater Harvesting System adalah data kebutuhan air, curah hujan, data mahasiswa aktif serta kondisi eksisting bangunan yang nantinya akan direncanakan Rainwater Harvesting System-nya. Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan bahwa kebutuhan air mahasiswa di gedung 8 sebesar 1.168,8 m<sup>3</sup>/bulan, volume tangki sebesar 11.159,39 m<sup>3</sup> dengan kedalaman 2 m dan lebar tangki 2,4 m, debit air hujan sebesar 134,564 m<sup>3</sup>/det, dan dimensi talang rambu sebesar 9 m dengan panjang 22 m sebanyak 4 (empat) talang. Pembangunan Rainwater Harvesting System diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif dalam meminimalisir penggunaan air tanah yang tidak terkontrol dan memanfaatkan air hujan sebagai pengganti disaat musim kemarau datang. Perencanaan Rainwater Harvesting System di Gedung 8 Institut Teknologi Nasional memerlukan biaya sebesar Rp. 63.522.000,00

**Kata Kunci:** *Rainwater Harvesting System, Roof Catchment, Talang*

## 1. PENDAHULUAN

Air merupakan zat yang paling penting dalam kehidupan sehari-hari dan dapat bisa dibidang kebutuhan pokok manusia. Karena sekitar tiga per empat bagian dari tubuh kita terdiri dari air dan aktivitas sehari-hari manusia pasti membutuhkan air untuk dipergunakan

seperti memasak, mencuci, mandi, dan membersihkan kotoran. Dan air juga dapat dipergunakan dalam kebutuhan industri, pertanian, pemadam kebakaran, tempat rekreasi, transportasi dan lain-lain (Chandra,2007).

Menurut Agustina (2007) Bumi mengandung sejumlah besar air, lebih kurang 1,4 x 10<sup>9</sup> km<sup>3</sup>, yang terdiri atas samudera, laut, sungai, danau, gunung es, dan sebagainya. Namun dari sekian banyak air yang terkandung di dalam bumi hanya 3% yang dapat digunakan dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, berupa air tawar yang terdapat dalam sungai, danau, dan air tanah. Dengan semakin meningkatnya populasi manusia tiap tahun maka air akan terus berkurang.

Kampus Institut Teknologi Nasional Bandung memiliki luas lahan berkisar 5,3 Ha dengan luas bangunan 40.000 m<sup>2</sup>. Namun yang dijadikan bangunan uji coba adalah bangunan gedung 8 yang memiliki panjang gedung sebesar 44 meter dengan lebar gedung 18 m, tinggi gedung 13,5 m dan tinggi atap 2 m. Gedung tersebut dipergunakan oleh 467 mahasiswa dan dosen.



Gambar 1. Lokasi Perencanaan

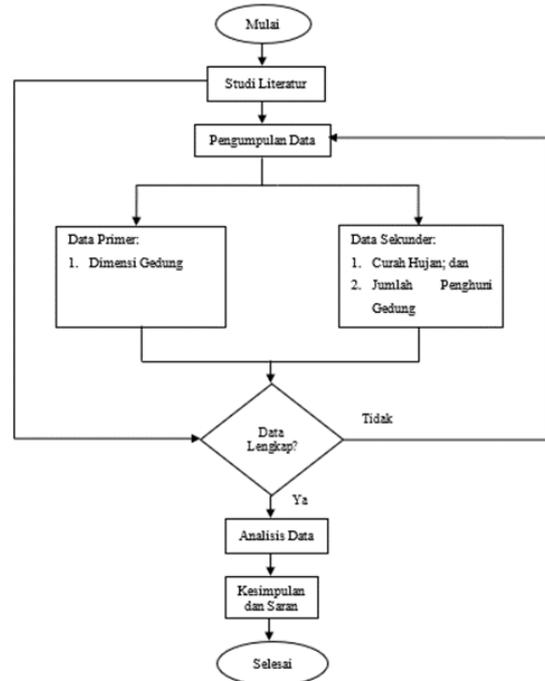
Kebutuhan air pada gedung ini pasok melalui air yang diambil dari dalam tanah, namun sering kali pada musim kemarau, pasokan air tanah berkurang dan menimbulkan kekurangan pasokan air yang digunakan di dalam gedung. Berangkat dari hal tersebut, dilakukan pencarian alternatif untuk mendapatkan air bersih, yaitu dengan memanfaatkan air hujan dengan prinsip rainwater harvesting atau pemanenan air hujan menggunakan metode roof catchment. Rainwater harvesting ini merupakan suatu metode yang cukup mudah digunakan untuk memaksimalkan penggunaan atau pemanfaatan air hujan dengan cara mengumpulkan dan memanfaatkan air yang jatuh pada atap dan kemudian dialirkan menuju tangki penampungan.

Melalui perencanaan ini, dilakukan perhitungan dari suplai air hujan dan kebutuhan air yang dibutuhkan serta dimensi tangki untuk menampung air hujan dengan

tujuan untuk menambahkan sumber air lain untuk memenuhi kebutuhan air penghuni gedung.

## 2. METODOLOGI

Metodologi menjelaskan beberapa hal terkait studi literatur, pengumpulan data dan observasi lapangan, dan metode pengumpulan dan analisis data yang dilakukan pada tahap perencanaan.



Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan

### 2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan pada semua langkah kerja pada perencanaan ini, yang digunakan sebagai acuan dalam pengumpulan dan analisis data. Literatur yang digunakan diperoleh dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, peraturan perundangan, data mahasiswa, dan dokumen pendukung lainnya.

Media yang digunakan dalam bak filtrasi disusun mulai dari atas ke bawah sebagai berikut:

- Pasir silika (setinggi 5 cm)
- Karbon aktif (setinggi 5 cm)
- Ijuk sabut kelapa (setinggi 5 cm)
- Pasir (setinggi 5 cm)
- Kerikil (setinggi 5 cm)

### 2.2 Pengumpulan Data dan Observasi Lapangan

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi lapangan di lokasi perencanaan. Adapun data yang diperoleh adalah data primer dan data sekunder.

- a. Data Primer  
Data primer yang diperoleh berupa data dimensi gedung, yaitu tinggi, lebar, panjang, serta tinggi atap.
- b. Data Sekunder  
Data sekunder yang diperoleh merupakan data dari curah hujan, dan data jumlah penghuni gedung.

**2.3 Metode Pengumpulan dan Analisis Data**

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah studi dokumen dan observasi. Data tersebut kemudian dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif untuk mendapatkan hasil perencanaan *rainwater harvesting* di Gedung 8 Kampus Itenas Bandung. Data yang diperlukan pada perencanaan ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Metode Pengumpulan dan Analisis Data

No	Data yang Diperlukan	Sumber Data	Jenis Data	Metode Pengumpulan Data	Analisis Data
1	Curah Hujan 5 Tahun Terakhir	Badan Pusat Statistik	Sekunder	Studi Dokumen	Kualitatif dan Kuantitatif
2	Jumlah Penghuni Gedung	Teknik Lingkungan an Itenas	Sekunder	Studi Dokumen	
3	Dimensi Gedung		Primer	Observasi Lapangan	

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1. Perhitungan Kebutuhan Air istik limbah cair industri batik**

Kebutuhan air ditaksir menggunakan metode jumlah penghuni dimana penghuni gedung Loka Buana Samba merupakan mahasiswa aktif program studi teknik lingkungan serta dosen dan staff. Berdasarkan data penghuni tersebut, kebutuhan air di gedung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 K_a &= A \times K_s \\
 &= 467 \text{ orang} \times 80 \text{ L/orang/hari} \\
 &= 37.360 \text{ L/hari} = 1.168,8 \text{ m}^3/\text{bulan}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan kebutuhan air diatas, didapatkan kebutuhan air untuk gedung 8 adalah 1.168,8 m<sup>3</sup>/bulan

**3.2. Perhitungan Suplai Air**

Pada Tabel 2 berikut adalah rekapitulasi suplai air hujan yang terdapat dalam 5 (lima) tahun terakhir 2016-2020 yang akan digunakan untuk menghitung suplai air.

**Tabel 2.** Rekapitulasi suplai air hujan

Bulan	Curah Hujan (mm)				
	2020	2019	2018	2017	2016
Januari	207.60	231.60	191.00	65.30	188.00
Februari	337.00	269.10	239.30	199.30	189.10
Maret	291.00	222.70	292.00	389.30	318.60
April	271.00	298.90	297.60	220.20	285.20
Mei	292.00	245.70	123.90	222.30	322.40
Juni	30.00	26.50	33.40	106.40	58.80
Juli	64.00	13.40	0.30	39.10	0.30
Agustus	42.00	0.20	38.90	48.40	6.90
September	88.00	55.00	40.80	90.80	43.20
Oktober	372.00	84.20	124.80	345.30	37.90
November	207.00	270.70	483.20	442.20	455.00
Desember	262.00	313.50	323.50	129.90	311.50
Total (mm)	2463.60	2031.50	2188.70	2298.50	2216.90
Rata-rata tahun (mm)	205.30	169.29	182.39	191.54	184.74
Max	483.20				
Min	0.20				

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2022

Pada Tabel 3 berikut data curah hujan yang digunakan ialah pada tahun 2020 yang merupakan data dengan curah hujan terbesar selama 5 tahun terakhir sehingga digunakan dalam perencanaan penampungan air hujan.

**Tabel 3.** Perhitungan Suplai Air dari Curah Hujan Terpilih

Bulan	Curah Hujan (mm)	Suplai Air (m3)
Januari	207.6	156.20
Februari	337	253.56
Maret	291	218.95
April	271	203.90
Mei	292	219.70
Juni	30	22.57
Juli	64	48.15
Agustus	42	31.60
September	88	66.21
Oktober	372	279.89
November	207	155.75
Desember	262	197.13

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

Suplai air di tiap bulan dipengaruhi oleh curah hujan (M), Koefisien limpasan (F) dan luas Tangkapan (A), Perhitungan suplai hujan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S &= A \times M \times F \\
 &= 792 \text{ m}^2 \times (207,6 / 1000) \text{ mm} \times 0,95 \\
 &= 156,20 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Suplai air hujan untuk gedung 8 atau gedung Loka Buana Lamba adalah 156,20 m<sup>3</sup>.

**3.3. Efisiensi penyisihan pengolahan kombinasi filtrasi-fitoremediasi**

Setelah diketahui suplai air dan kebutuhan air per bulan, maka dapat diketahui volume tangki, yang didapatkan dari selisih nilai maksimum dan minimum volume hujan dan pemakaian. Detail perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Perhitungan Volume Tangki

Bulan	Curah Hujan (mm)	Suplai Air (m3)	Akumulasi hujan (m3)	Vol pemakaian (m3/bulan)	Akumulasi pemakaian (m3)	Selisih vol hujan dan vol pemakaian
Januari	207.6	156.20	156.20	1168.8	1168.8	-1012.60
Februari	337	253.56	409.76	1168.8	2337.6	-1927.84
Maret	291	218.95	628.71	1168.8	3506.4	-2877.69
April	271	203.90	832.61	1168.8	4675.2	-3842.59
Mei	292	219.70	1052.31	1168.8	5844	-4791.69
Juni	30	22.57	1074.88	1168.8	7012.8	-5937.92
Juli	64	48.15	1123.03	1168.8	8181.6	-7058.57
Agustus	42	31.60	1154.63	1168.8	9350.4	-8195.77
September	88	66.21	1220.84	1168.8	10519.2	-9298.36
Oktober	372	279.89	1500.74	1168.8	11688	-10187.26
November	207	155.75	1656.48	1168.8	12856.8	-11200.32
Desember	262	197.13	1853.61	1168.8	14025.6	-12171.99
Max						-1012.60
Min						-12171.99
Volume Tangki (m <sup>3</sup> )						11.159.39

Dari hasil perhitungan, didapatkan besar volume tangki sebesar 11.159,39 m<sup>3</sup> ≈ 11.160 m<sup>3</sup>. Selanjutnya ditentukan dimensi tangki dengan kedalaman 2 m dan perbandingan panjang = lebar

Kedalaman Tangki = 2m

Panjang = Lebar Tangki = 2,36 m ≈ 2,4 m

**3.4. Perhitungan Debit Air Hujan**

Penentuan debit air hujan bertujuan untuk menentukan debit air yang akan masuk kedalam sistem pemanenan air hujan. Dalam menentukan debit air hujan, data yang diperlukan adalah Luas area tangkapan hujan, intensitas hujan, dan curah hujan maksimum. perhitungan debit air sebagai berikut.

**3.4.1 Menentukan Panjang Kemiringan Atap (Lo)**

Panjang kemiringan atap dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$Lo = \sqrt{(tinggi\ atap)^2 \times (lebar\ atap)^2} \\ = \sqrt{(2\ m)^2 \times (18\ m)^2} = 36\ m$$

Dari hasil perhitungan panjang kemiringan atap, didapatkan panjang kemiringan atap gedung adalah 36 m.

**3.4.2. Menentukan Slope Atap**

Slope atap dapat ditentukan dengan persamaan seperti berikut.

$$So = \frac{Tinggi\ Atap}{Lebar\ atap} \\ = \frac{2\ m}{18\ m} =$$

0,75

Maka, slope atap gedung adalah 0,75.

**3.4.3 Menentukan Lama Waktu Hujan**

Lama waktu hujan merupakan lamanya air jatuh dari tangkapan air hujan menuju ke talang. lama waktu hujan dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$t_0 = 0,0195 \times \left(\frac{L_0}{\sqrt{S}}\right)^{0,77} \\ = 0,0195 \times \left(\frac{36\ m}{\sqrt{0,75}}\right)^{0,77} \\ = 0,344\ \text{menit atau } 20,636\ \text{detik}$$

Dari hasil perhitungan didapat lama waktu hujan dari tangkapan air ke talang adalah 20,636 detik.

**3.4.4 Menentukan Debit Air Hujan**

Persamaan yang digunakan dalam menentukan debit air hujan adalah sebagai berikut

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24}\right) \times \left(\frac{24}{T}\right)^{\frac{2}{3}} \\ = \left(\frac{86,65\ mm}{24}\right) \times \left(\frac{24}{20,636\ s}\right)^{\frac{2}{3}} \\ = 3,506\ L \\ Q = \frac{I \times A}{T} \\ = \frac{3,506\ l \times 792\ m^2}{20,636\ s} \\ = 134,564\ m^3/detik$$

Dari hasil perhitungan didapat intensitas hujan adalah 3,506 L dan debit air hujan yang ditangkap adalah 134,564 m<sup>3</sup>/detik.

**3.5. Dimensi Talang**

**3.5.1. Perhitungan Dimensi Talang**

a. Menghitung luas atap baru

Dikarenakan data curah hujan yang diperoleh <100 mm/jam, maka tidak diperlukan menghitung luas atap baru.

b. Menghitung Luas Area Atap

Perencanaan ini menggunakan standar yang sudah ditentukan yang terlihat pada Gambar 3, bahwa perencanaan ini menggunakan asumsi kemiringan sebesar 1%.

Ukuran Pipa mm	Pipa Tegak Air Hujan	Pipa Datar Pembuangan Air Hujan			Talang atap datar terbuka			
		Kemiringan			Kemiringan			
		1%	2%	4%	1/2 %	1%	2%	4%
50	63							
65	120							
80	200	75	105	150	15	20	30	40
100	425	170	245	345	30	45	65	90
125	800	310	435	620	55	80	115	160
150	1290	490	700	990	85	125	175	250
200	2690	1065	1510	2135	180	260	365	520
250		1920	2710	3845	330	470	665	945
300		3090	4365	6185				
350		5525	7800	11055				

CATATAN Tabel ini berdasarkan pada curah hujan 100 mm per jam. Bila curah hujan lebih besar, nilai luas pada tabel tersebut di atas harus disesuaikan dengan cara mengalikan nilai tersebut dengan 10 dibagi dengan kelebihan curah hujan dalam mm per jam.  
Pipa tegak air hujan yang tidak berbentuk pipa (silinder), maka dapat berbentuk lain asalkan pipa tersebut dapat masuk ke dalam penampang bentuk lain tersebut. Talang atap yang tidak berbentuk setengah lingkaran harus mempunyai penampang luas yang sama.

**Gambar 3.** Beban Maksimum yang Diijinkan untuk Talang Atap

Sumber : SNI-03-7065-2005

Direncanakan bahwa area atap dibagi menjadi 4, yaitu area A, area B, area C dan area D. Perencanaan dibagi menjadi 4 area, dikarenakan di setiap sudutnya akan di pasangkan Pipa tegak. Dikarenakan luas tangkapnya sebesar 792 m maka jika dibagi 4 masing-masing akan memiliki luas sebesar 198 m. Maka jika dihitung kembali, Panjang yang dimiliki area masing-masing atap sebesar 22 m dan Lebar nya 9 m. Terlihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Perhitungan Luas Area Atap

Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
A	22	9	198
B	22	9	198
C	22	9	198
D	22	9	198

c. Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

$S =$  jumlah curah hujan total per tahun : 5

Setelah dihitung, curah hujan rata-rata pada lokasi studi dinyatakan sebesar 186,6 mm  $\approx$  187 mm, maka perlu dilakukan interpolasi dengan rumus :

$$\frac{\text{Intensitas curah hujan awal}}{\text{Intensitas curah hujan yang dicari}} \times \text{Luas bidang datar horizontal yang diketahui}$$

Setelah dilakukan interpolasi, dikarenakan debit air hujan sebesar 47 mm = 47/1.000.000 l perencanaan ini akhirnya menggunakan pipa tegak dengan ukuran 2 inci untuk setiap area atap terdapat pada Tabel 3.2. Dan ketentuan lainnya berdasarkan dari hasil perhitungan pada Tabel 3.3 dibawah ini.

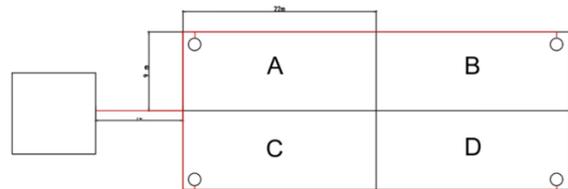
**Tabel 3.2** Dimensi Pipa setiap Area

Area	Dimensi Pipa (Inci)
A	2
B	2
C	2
D	2

**Tabel 3.3** Penentuan Ukuran Pipa

Ukuran Pipa	Debit	Luas Atap Maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai curah hujan (m <sup>2</sup> )	
(Inch)	l/dt	25,4	187
2	1,8	268	36
3	5,52	818	111
4	11,52	1709	232
5	21,6	3214	437
6	33,78	5017	681
8	72,48	10776	1464

**3.5.2. Jarak Talang menuju Tangki**



**Gambar 3.2** Jarak Talang menuju Tangki

Keterangan : Pipa

Setelah diukur, berikut Panjang jarak talang tegak ke masing-masing area :

- Jarak talang tegak B-A = 44 m
- Jarak talang tegak A-E = 9 m
- Jarak talang tegak D-C = 44 m
- Jarak talang tegak C-E = 9 m
- Jarak segmen E-tangki = 3 m

**3.6. Rincian Anggaran Biaya**

Berikut Rincian Anggaran Biaya (RAB) yang digunakan untuk Perencanaan Rainwater Harvesting System dengan Metode Roof Catchment :

No	Barang	Bahan	Ukuran	Satuan	Harga /m3	Harga (Rp.)
1	Tangki	Fiberglass	11,16	m3	5.000.000,00	55.800.000,00
2	Pipa Segmen B-A	PVC	44	m	66.000,00	2.904.000,00
3	Pipa Segmen A-E	PVC	9	m	66.000,00	594.000,00
4	Pipa Segmen D-C	PVC	44	m	66.000,00	2.904.000,00
5	Pipa Segmen C-E	PVC	9	m	66.000,00	594.000,00
6	Pipa Segmen E-Tangki	PVC	2	m	66.000,00	132.000,00
Harga Total (Rp.)						63.522.000,00

Berdasarkan tabel diatas, total keseluruhan biaya yang diperlukan dalam perencanaan kali ini adalah sebesar Rp. 63.522.000,00. Pada perencanaan RAB, tidak direncanakan uang untuk pengadaan pipa tegak karena sudah tersedia dan ukurannya sesuai dengan hasil perencanaan.

#### 4. KESIMPULAN

Pada Dari hasil perencanaan, didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Perencanaan dilakukan untuk lokasi studi, Gedung 8 (Loka Buana Lamba) Kampus Itenas. Jumlah air yang dibutuhkan pada Gedung 8 ini sebesar 1.168,8 m<sup>3</sup>/bulan, atau 14.025,6 m<sup>3</sup>/tahun
2. Suplai air hujan yang diterima selama satu tahun sebesar 1.853,61 m<sup>3</sup>/tahun. Suplai air hujan ini mampu menutupi kebutuhan konsumsi air pada Gedung 8 (Loka Buana Lamba) Kampus Itenas.
3. Direncanakan *catchment* area air hujan yang terbagi menjadi 4 bagian dengan masing-masing dimensi pipa tegak yang dipasang sebesar 2 inci.
4. Volume tangki penampung air hujan direncanakan sebesar 11.159,39 m<sup>3</sup>
5. Jumlah Biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan ini sebesar Rp. 63.522.000

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada pihak Program Studi Teknik Lingkungan Itenas yang telah bersedia memberikan data yang kami butuhkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arsyadi, H. I., Mashuri, & Kiranaratri, A. H. (n.d.). Perencanaan Rainwater Harvesting System dengan Metode Roof Cathment, Studi Kasus : Gedung Kuliah Umum 1 ITERA.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Kota Bandung dalam Angka 2022. Kota Bandung: Badan Pusat Statistik Kota Bandung.
- Harsoyo, B. (2010). Teknik Pemanenan Air Hujan (Rainwater Harvesting) sebagai Alternatif Upaya Penyelamatan Sumber Daya Air di Wilayah DKI Jakarta. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 29-39.
- Shalehin, M. (2015). Perencanaan Sistem Pemanenan Air Hujan (Rainwater Harvesting) di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta: Universitas Islam Inonesia.
- Standar Nasional Indonesia. (2005). SNI 03-7065-2005 Tentang Tata Perencanaan Sistem Plumbing. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Suripin. (2003). Sisten Drainase Kota yang Berkelanjutan . Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Ulfa, A., Wigati, R., & Kusuma, R. I. (2021). Perencanaan Rainwater Harvesting System sebagai Implementasi Konsep Smart & Green Campus (Studi Kasus: Gedung Fakultas Ilmu Sosial Politik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kampus Sindangsari. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*.