

## BAB IV HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Potensi Ketersediaan Air di Kawasan Universitas Brawijaya

Potensi ketersediaan air dalam penelitian ini didapat dari 2 sumber, yaitu: ketersediaan airtanah dan ketersediaan air PDAM. Potensi Ketersediaan airtanah berasal dari pengujian sumur (*pumping test*), sedangkan ketersediaan air PDAM didapat dari data kebutuhan air PDAM di Universitas Brawijaya.

#### 4.1.1 Analisa Potensi Ketersediaan Airtanah

Analisa Potensi Ketersediaan Airtanah di Universitas Brawijaya dengan menggunakan uji pemompaan airtanah, yaitu pemompaan air dari suatu sumur dengan debit tertentu, mengamati penurunan muka air selama pemompaan berlangsung dan mengamati pemulihan kembali (*recovery*) muka air setelah pompa dimatikan sesuai dengan selang waktu tertentu. Ada dua macam uji pemompaan airtanah yaitu:

1. Pengujian akuifer
2. Pengujian sumur

##### 4.1.1.1 Data *Pumping test*

Data *pumping test* digunakan untuk menghitung pengujian akuifer dan pengujian sumur. Data tersebut diambil dari pemompaan pada 2 sumur pompa di Universitas Brawijaya, yaitu sumur *Guest House* dan sumur Masjid Raden Patah. Pemompaan pada masing-masing sumur bertahap dengan debit yang bervariasi sesuai data yang tersedia. Pelaksanaan pemompaan dilakukan dengan periode waktu tertentu untuk mengamati penurunan muka air selama pemompaan berlangsung. Data *pumping test* untuk masing-masing sumur adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.1 Data Uji Pemompaan Bertahap di Sumur *Guest House***

Uji Pemompaan	Waktu (t) (menit)	Q (l/dt)	S (m)
Tahap 1	150	2,00	0,50
Tahap 2	180	3,01	0,70
Tahap 3	180	4,07	1,02
Tahap 4	480	4,73	1,30

Sumber: Laboratorium Airtanah Universitas Brawijaya

**Tabel 4.2 Data Uji Pemompaan Bertahap di Sumur Masjid Raden Patah**

Uji Pemompaan	Waktu (t) (menit)	Q (l/dt)	S (m)
Tahap 1	420	2,50	3,25
Tahap 2	310	3,00	4,00
Tahap 3	300	4,00	5,50
Tahap 4	300	5,00	6,75

Sumber: Laboratorium Airtanah Universitas Brawijaya

#### 4.1.1.2 Pengujian Akuifer

Pengujian akuifer dimaksudkan untuk menguji lapisan pembawa airnya dengan tujuan agar memperoleh sifat hidraulis dari akuifer tersebut. Selain itu juga digunakan untuk menentukan jenis akuifer sebagai dasar untuk menetapkan hasil analisa, deskripsi geologi, besarnya debit yang diperoleh dan penurunan muka air sumur (*drawdown*).

Sifat-sifat hidraulis dari akuifer yang ingin diketahui adalah nilai transmisivitas akuifer (T) dan koefisien kululusan air atau permeabilitas lapisan (K).

Data yang diperoleh dari uji pemompaan menunjukkan bahwa bentuk aliran airtanah adalah aliran tunak, artinya penurunan muka airtanah pada waktu dipompa tidak tergantung pada waktu atau penurunan yang konstan.

Dari bentuk aliran tunak, maka rumus yang digunakan untuk menghitung nilai transmisivitas (T) dengan metode Thiem yang menggunakan beberapa anggapan yang tersebut pada Sub Bab 2.2.1.1 A.

Karena data *pumping test* tidak menggunakan sumur pengamat (pisometer) serta bentuk aliran adalah tunak maka perhitungan nilai transmisivitas (T) menggunakan Persamaan 2-7.

Contoh perhitungan pada sumur *Guest House* dengan debit 4,73 lt/detik, diketahui data-data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q &= 4,73 \text{ l/dt} \\
 &= (4,73 \times 24 \times 60 \times 60)/1000 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 408,672 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$S_w = 1,30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{1,22 \times Q}{S_w} \\
 &= \frac{1,22 \times 408,672}{1,30} = 383,523 \text{ m}^2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diatas maka harga K dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$T = K \times D$ , maka

$$K = \frac{T}{D}$$

Dengan:

$K$  = harga kelulusan air (m/hari)

$T$  = harga transmisivitas = 383,523 m<sup>2</sup>/hari

$D$  = tebal akuifer sumur *Guest House* yang dikembangkan 28 m.

$$K = \frac{383,523}{28} = 13,697 \text{ m/hari}$$

Perhitungan untuk sumur selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

**Tabel 4.3 Pengujian Akuifer Sumur Bor di Kawasan Universitas Brawijaya**

No.	Sumur	D (m)	Q (l/dt)	Q (m <sup>3</sup> /hari)	Sw (m)	T (m <sup>2</sup> /hari)	K (m/hari)
1	<i>Guest House</i>	28	4,73	408,672	1,300	383,523	13,697
2	Masjid Raden Patah	20	5,00	432,000	6,650	79,254	3,963

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 2.2 Harga  $K$  (koefisien kelulusan air) dalam Biro Reklamasi USA 1977 (Bisri, 1991 : 119), akuifer di Universitas Brawijaya termasuk dalam klasifikasi menengah hingga tinggi.

#### 4.1.1.3 Pengujian Sumur

Pengujian sumur ini menggunakan uji pompa bertingkat (*Step Drawdown Test*) untuk mengetahui produktifitas suatu sumur berdasarkan nilai koefisien *well loss* ( $C$ ) dan faktor pengembangan ( $F_d$ ).

Pada uji pompa bertingkat ini debit pemompaan dinaikkan secara bertahap. Pada tahap pertama sumur dipompa dengan debit rendah ( $Q_1$ ) sampai terjadi keseimbangan pada muka air di dalam sumur dan penurunan muka airnya adalah ( $S_1$ ). Kemudian debit ( $Q_2$ ) dipompa dan diukur penurunan muka airnya. Demikian seterusnya sampai pemompaan dengan debit yang paling besar (maksimum).

Langkah-langkah perhitungan koefisien *well loss* ( $C$ ) dan faktor pengembangan ( $F_d$ ) adalah sebagai berikut:

1. Data *pumping test* pemompaan bertahap pada masing-masing sumur disajikan pada Tabel (4.1 dan 4.2).
2. Menghitung penurunan jenis ( $S/Q$ ) setiap tahap uji pemompaan, dengan  $S$  = penurunan muka air akibat pemompaan (m) dan  $Q$  = debit pemompaan (m<sup>3</sup>/det). Sebagai contoh perhitungan diambil pada sumur *Guest House* dengan debit 2,00 lt/detik yaitu:

$$\frac{S}{Q} = \frac{0,50}{0,002} = 250 \text{ dt/m}^2$$

Hasil perhitungan pada tahap berikutnya disajikan pada Tabel 4.4.

3. Membuat grafik antara  $S/Q$  dengan debit ( $Q$ ).
4. Dari Gambar 4.1 didapat harga koefisien *akuifer loss* ( $B$ )  
 $B = 219,091 \text{ dt/m}^2 = 3,651 \text{ menit/m}^2$
5. Selanjutnya harga koefisien *well loss* ( $C$ ) dapat dihitung yaitu :

$$C = \text{tg } \alpha$$

$$= \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$= \frac{25,455}{0,0027} = 9324,009 \text{ dt}^2/\text{m}^5$$

$$= 2,59 \text{ menit}^2/\text{m}^5$$

$C = 2,59 \text{ menit}^2/\text{m}^5$ , maka berdasarkan Tabel 2.4 kondisi sumur mengalami penyumbatan di beberapa tempat.

$$6. \quad Fd = \frac{C}{B} \times 100$$

$$= \frac{2,590}{3,652} \times \frac{100}{24 \times 60}$$

$Fd = 0,049 \text{ hari/m}^3$ , maka berdasarkan Tabel 2.5 klasifikasi sumur sangat baik.

7. Total penurunan muka air ( $SW$ ) dihitung dengan Persamaan 2-9 yaitu:

$$SW = BQ + CQ^2$$

$$= 0,438 + 0,037$$

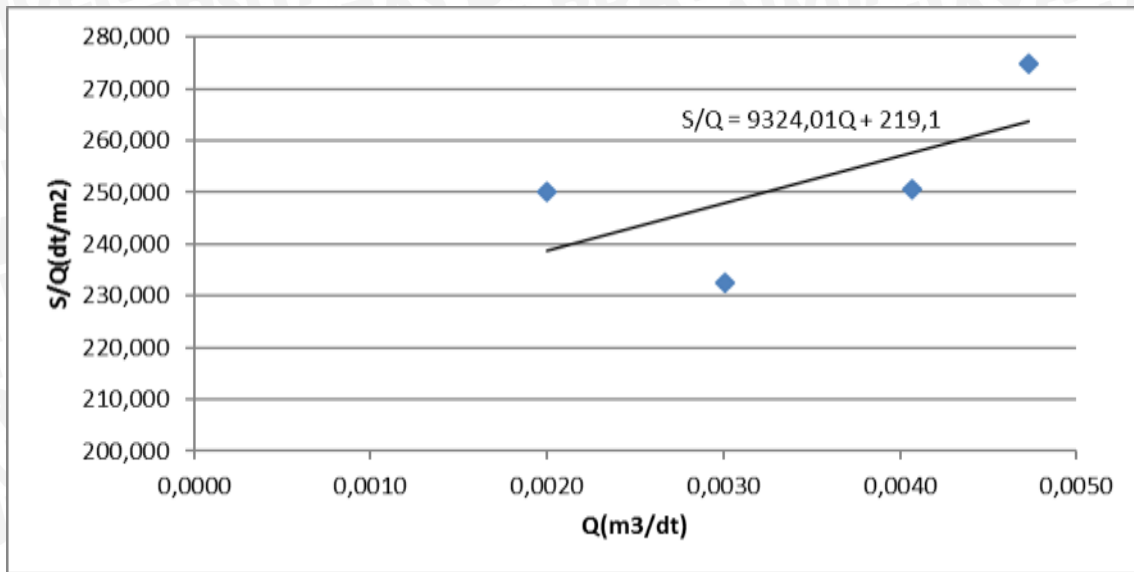
$$= 0,475 \text{ m}$$

Perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4.4 dan grafik antara  $S/Q$  dengan debit ( $Q$ ) disajikan pada Gambar 4.1.

**Tabel 4.4 Perhitungan Uji Sumur Guest House Universitas Brawijaya**

uji pompa	Q (l/dt)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	S (m)	Q/S (m <sup>2</sup> /dt)	S/Q (dt/m <sup>2</sup> )	B (dt/m <sup>2</sup> )	C (dt <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> )	BQ (m)	CQ <sup>2</sup> (m)	SW (m)
1	2,00	0,0020	0,50	0,0040	250,000	219,091	9324,009	0,438	0,037	0,475
2	3,01	0,0030	0,70	0,0043	232,558	219,091	9324,009	0,659	0,084	0,744
3	4,07	0,0041	1,02	0,0040	250,614	219,091	9324,009	0,892	0,154	1,046
4	4,73	0,0047	1,30	0,0036	274,841	219,091	9324,009	1,036	0,209	1,245

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.1 Grafik Penurunan Jenis dengan Debit Sumur *Guest House*  
 Sumber: Hasil Perhitungan

Sedangkan untuk perhitungan faktor pengembangan pada sumur Masjid Raden Patah adalah sebagai berikut:

1. Dari Gambar 4.2 didapat harga koefisien *akuifer loss* (B)

$$B = 1263,333 \text{ det/m}^2 = 21,055 \text{ menit/m}^2$$

2. Selanjutnya harga koefisien *well loss* (C) dapat dihitung yaitu :

$$C = \text{tg } \alpha$$

$$= \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$= \frac{52,308}{0,0025} = 20923,077 \text{ dt}^2/\text{m}^5$$

$$= 5,812 \text{ menit}^2/\text{m}^5$$

C = 5,812 menit<sup>2</sup>/m<sup>5</sup>, maka berdasarkan Tabel 2.4 kondisi sumur sulit dikembalikan seperti semula.

$$F_d = \frac{C}{B} \times 100$$

$$= \frac{5,812}{21,055} \times \frac{100}{24 \times 60}$$

= 0,019 hari/m<sup>3</sup>, maka berdasarkan Tabel 2.5 klasifikasi sumur sangat baik.

Total penurunan muka air (SW) dihitung dengan Persamaan 2-9 yaitu:

$$SW = BQ + CQ^2$$

$$= 3,158 + 0,131$$

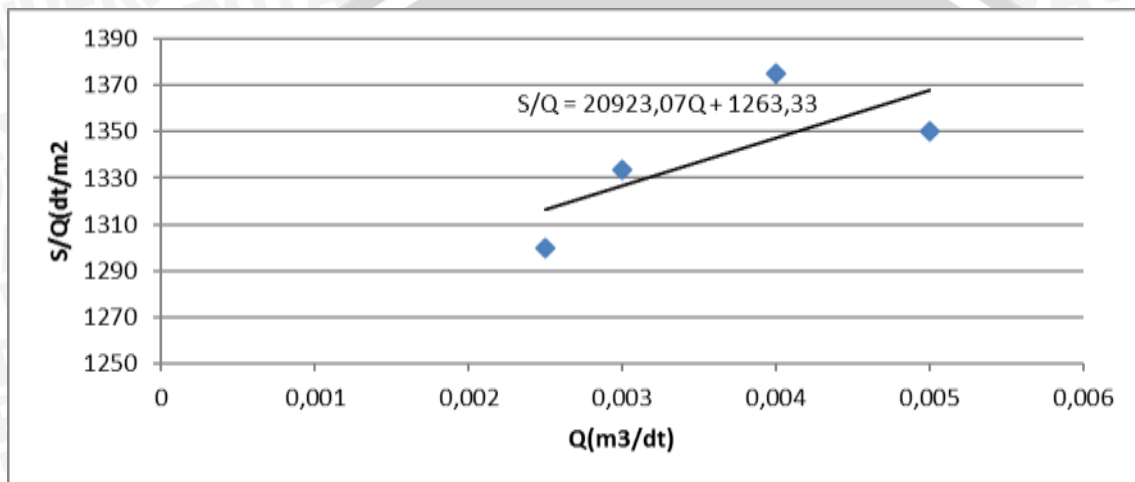
$$= 3,289 \text{ m}$$

Perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4.5 dan grafik antara S/Q dengan debit (Q) disajikan pada Gambar 4.2.

**Tabel 4.5 Perhitungan Uji Sumur Masjid Raden Patah Universitas Brawijaya**

uji pompa	Q (l/dt)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	S (m)	Q/S (m <sup>2</sup> /dt)	S/Q (dt/m <sup>2</sup> )	B (dt/m <sup>2</sup> )	C (dt <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> )	BQ (m)	CQ <sup>2</sup> (m)	SW (m)
1	2,50	0,0025	3,25	0,0008	1300,000	1263,33	20923,07	3,158	0,131	3,289
2	3,00	0,0030	4,00	0,0008	1333,333	1263,33	20923,07	3,790	0,188	3,978
3	4,00	0,0040	5,50	0,0007	1375,000	1263,33	20923,07	5,053	0,335	5,388
4	5,00	0,0050	6,75	0,0007	1350,000	1263,33	20923,07	6,317	0,523	6,840

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.2 Grafik Penurunan Jenis dengan Debit Sumur Masjid Raden Patah  
Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.1.1.4 Perhitungan Debit Optimum Sumur Pompa

Untuk mengetahui kapasitas debit optimum sumur pompa digunakan Metode Grafis Sichardt. Berikut langkah-langkah perhitungan pada sumur *Guest House UB*:

1. Plot pada grafik normal nilai S dari masing-masing tahap pada perhitungan Tabel 4.3 sebagai sumbu y dan Q sebagai sumbu x. Dari hasil perhitungan uji surut muka air bertahap didapat nilai B = 219,091 dt/m<sup>2</sup> dan C = 9324,009 dt<sup>2</sup>/m<sup>5</sup>, sehingga diketahui bentuk persamaan garisnya:  $SW = 219,091Q + 9324,009Q^2$

2. Menghitung  $Q_{maks} (Q_f) = 2 \cdot \pi \cdot r_w \cdot D \cdot \frac{\sqrt{K}}{15}$

Dengan:

$Q_f$  = debit maksimum (m<sup>3</sup>/det)

$r_w$  = jari-jari sumur (m)

D = tebal akuifer (m)

K = koefisien kelulusan air (m/det)

Perhitungan:

$$r_w = 6 \text{ inch}$$

$$= 6 \times 0,0245$$

$$= 0,147 \text{ m}$$

$$D = 28 \text{ m}$$

$$K = 13,697 \text{ m/hari} = 0,00016 \text{ m/det}$$

$$Q_{\text{maks}} = 2 \cdot \pi \cdot 0,147 \cdot 28 \cdot \frac{\sqrt{0,00016}}{15}$$

$$= 0,0217 \text{ m}^3/\text{det}$$

3. Hubungkan titik  $Q_f$  dengan  $SW_{\text{maks}}$ , dengan mensubstitusi nilai  $Q_f$  pada persamaan garis  $SW = 219,091Q + 9324,009Q^2$  untuk sumur *Guest House* diperoleh nilai:

$$SW_{\text{maks}} = 219,091Q + 9324,009Q^2$$

$$= 219,091 (0,0217) + 9324,009 (0,0217)^2$$

$$= 9,143 \text{ m}$$

4. Garis perpotongan antara kedua garis hasil plotting pada point 1 dan 3 di atas akan memberikan nilai  $Q_{\text{optimum}} (Q_{\text{opt}}) = 0,0120 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan  $S_{\text{optimum}} (S_{\text{opt}}) = 4,263 \text{ m}$ .

Sedangkan untuk sumur Masjid Raden Patah langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Plot pada grafik normal nilai  $S$  dari perhitungan pada Tabel 4.4 sebagai sumbu  $y$  dan  $Q$  sebagai sumbu  $x$ . Dari Tabel 4.4 tersebut didapatkan nilai koefisien  $B = 1263,333 \text{ dt/m}^2$  dan  $C = 20923,077 \text{ dt}^2/\text{m}^5$ , sehingga diketahui bentuk persamaan garisnya:

$$SW = 1263,333Q + 20923,077Q^2$$

2. Menghitung  $Q_{\text{maks}}(Q_f) = 2 \cdot \pi \cdot r_w \cdot D \cdot \frac{\sqrt{K}}{15}$

Perhitungan:

$$r_w = 6 \text{ inch}$$

$$= 6 \times 0,0245$$

$$= 0,147 \text{ m}$$

$$D = 20 \text{ m}$$

$$K = 3,963 \text{ m/hari} = 0,00005 \text{ m/det}$$

$$Q_{\text{maks}} = 2 \cdot \pi \cdot 0,147 \cdot 20 \cdot \frac{\sqrt{0,00005}}{15}$$

$$= 0,0083 \text{ m}^3/\text{det}$$

3. Hubungkan titik  $Q_f$  dengan  $SW_{maks}$ , dengan mensubstitusi nilai  $Q_f$  pada persamaan garis  $SW = 219,091Q + 9324,009Q^2$  untuk sumur *Guest House* diperoleh nilai:

$$\begin{aligned} SW_{maks} &= 1263,333Q + 20923,077Q^2 \\ &= 1263,333 (0,0083) + 20923,077 (0,0083)^2 \\ &= 11,985 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Garis perpotongan antara kedua garis hasil plotting pada point 1 dan 3 di atas akan memberikan nilai  $Q_{optimum}$  ( $Q_{opt}$ ) = 0,0043 m<sup>3</sup>/dt dan  $S_{optimum}$  ( $S_{opt}$ ) = 5,818 m.

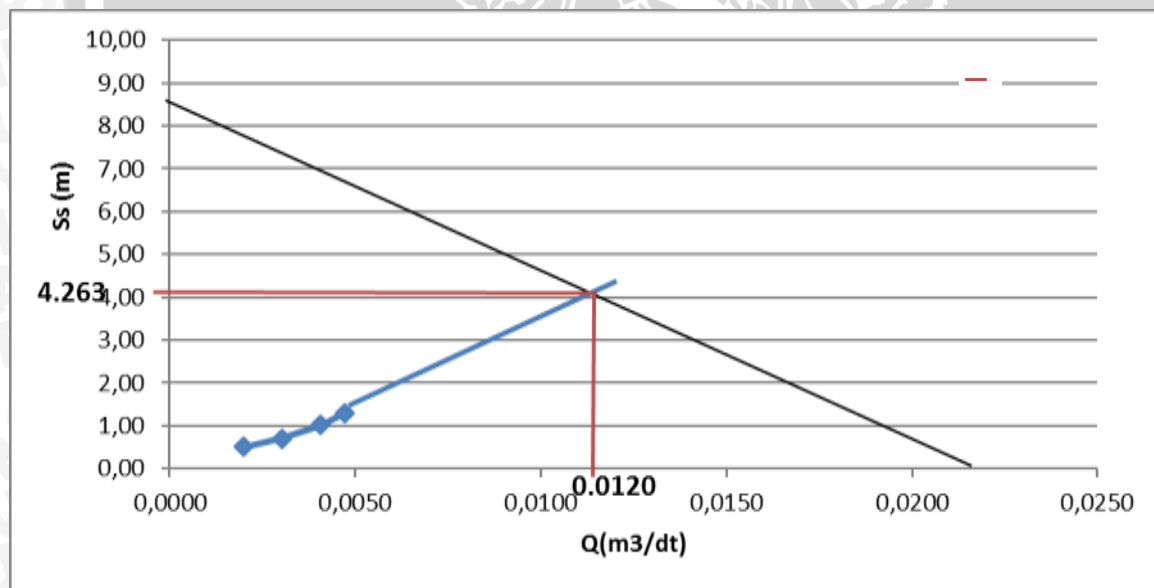
Hasil perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.6 Kapasitas Optimum Sumur**

No	Sumur	D (m)	K (m/dt)	$r_w$ (m)	$Q_f$ (m <sup>3</sup> /dt)	$S_{maks}$ (m)	$Q_{opt}$		$S_{opt}$ (m)
							(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /tahun)	
1	<i>Guest House</i>	28	0,00016	0,147	0,0217	9,143	0,0120	378432,0	4,263
2	MRP	20	0,00005	0,147	0,0083	11,985	0,0043	135604,8	5,818

Sumber: Hasil Perhitungan

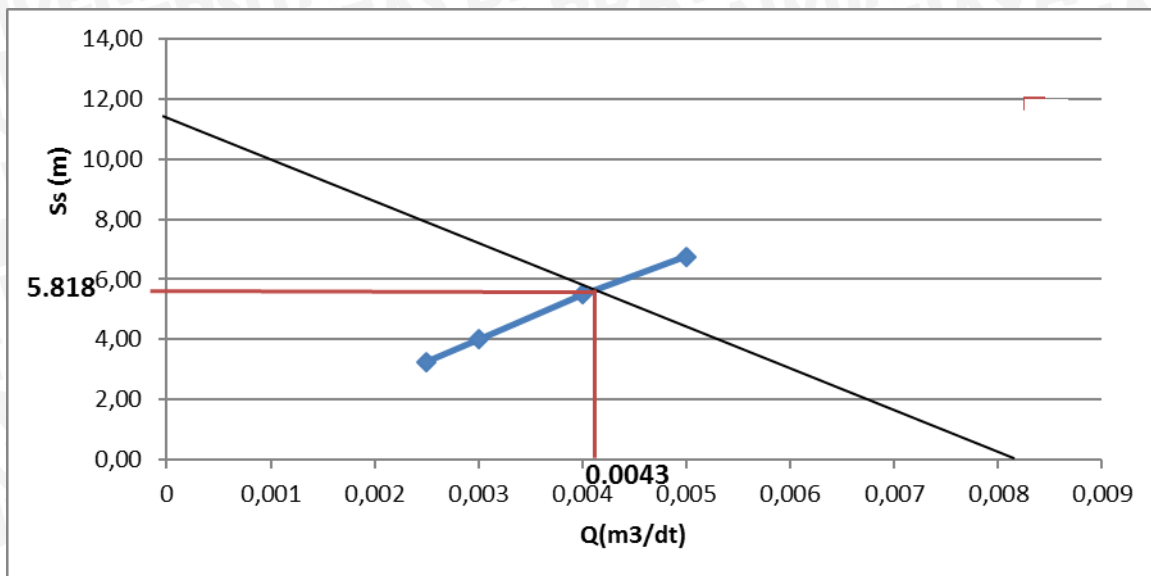
Berdasarkan tabel di atas potensi ketersediaan airtanah di Universitas Brawijaya berkisar antara 135604,8 m<sup>3</sup>/tahun sampai dengan 378432,0 m<sup>3</sup>/tahun.



Gambar 4.3 Grafik Penentuan Debit Optimum Sumur *Guest House* dengan Metode Grafis Sichardt

Sumber: Hasil Perhitungan





Gambar 4.4 Grafik Penentuan Debit Optimum Sumur Masjid Raden Patah dengan Metode Grafis Sichardt

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.1.2 Ketersediaan Air PDAM

Perusahaan Daerah Air Minum Kota Malang adalah kesatuan produksi yang memberi jasa, menyelenggarakan kemanfaatan umum dan meningkatkan pendapatan asli daerah dengan tujuan pembangunan daerah khususnya dibidang penyedia air bersih yang memenuhi syarat kesehatan, meningkatkan kesejahteraan dan memenuhi kebutuhan rakyat serta ketenagakerjaan.

Ketersediaan air PDAM di Universitas Brawijaya didasarkan pada kebutuhan air pelanggan/pemakai air PDAM, dimana PDAM menyediakan air sesuai dengan kebutuhan pelanggan/pemakai air tersebut.

Di Universitas Brawijaya terdapat 10 sambungan PDAM yang tersebar di kawasan Universitas Brawijaya. Sambungan-sambungan ini berfungsi mengalirkan air dari tandon ke beberapa gedung yang masih menggunakan air PDAM di Universitas Brawijaya. Untuk mengetahui gedung yang masih menggunakan air PDAM disajikan dalam Tabel 4.7 berikut ini:

**Tabel 4.7 Jumlah Sambungan PDAM di Universitas Brawijaya**

No.	NAMA GEDUNG	JUMLAH SAMBUNGAN
1	Fakultas KHP	2
2	Fakultas Pertanian	1
3	Gedung Laboratorium	2
4	Universitas Brawijaya	3
5	Fakultas Hukum	1
6	Fakultas Ekonomi	1
	JUMLAH	10

Sumber: Hasil Pengamatan

Besar ketersediaan air PDAM di Universitas Brawijaya didapat dari rata-rata penggunaan air PDAM selama 2012 hingga 2014. Hal ini berdasarkan data yang didapat dari PDAM Kota Malang. Jumlah ketersediaan air PDAM rerata tahunan di Universitas Brawijaya sebesar 86858 m<sup>3</sup>/tahun. Hasil tersebut didapat berdasarkan perhitungan berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Ketersediaan air PDAM} &= \frac{(91315 + 72884 + 96475)}{3} \\ &= 86858 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

**Tabel 4.8 Ketersediaan Air PDAM**

No.	Bulan	Tahun		
		2012	2013	2014
1	Januari	7047	7347	7686
2	Februari	7994	7213	7188
3	Maret	7278	6967	7171
4	April	7717	7007	7883
5	Mei	6901	6783	6879
6	Juni	7904	3317	6731
7	Juli	7221	3760	8828
8	Agustus	7715	4524	8762
9	September	8678	6445	8172
10	Oktober	6812	6028	9336
11	November	8134	6414	8657
12	Desember	7914	7079	9082
	Jumlah	91315	72884	96375
	Rerata		86858	

Sumber: Hasil Perhitungan

## 4.2 Kebutuhan Air di Kawasan Universitas Brawijaya Malang

Kebutuhan air dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori yaitu kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan komersial dan kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan non komersial. Kebutuhan air untuk keperluan komersial merupakan kebutuhan air untuk penginapan dan asrama di Universitas Brawijaya. Sedangkan kebutuhan air untuk keperluan non komersial terbagi menjadi kebutuhan air civitas akademika (universitas), kantin dan tempat peribadatan.

### 4.2.1 Kebutuhan Air Komersial (Penginapan dan Asrama)

Universitas Brawijaya memiliki beberapa hunian yang dapat digunakan sebagai tempat singgah bagi mahasiswa dan tamu yang berkunjung ke Universitas Brawijaya atau Kota Malang. Hunian tersebut antara lain berupa penginapan Griya Brawijaya dan penginapan *Guest House* UB. Selain itu Universitas Brawijaya juga menyediakan tempat hunian berupa asrama bagi mahasiswa Universitas Brawijaya.

Kebutuhan air penginapan dan asrama Brawijaya merupakan kebutuhan air untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia sehari-hari seperti untuk minum, memasak, kesehatan individu (mandi dan cuci), dan pangangkutan air buangan (buangan dapur dan toilet). Kebutuhan air penginapan, dan asrama dihitung berdasarkan jumlah penghuni dan standar kebutuhan penghuni tersebut. Data penghuni yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari pengelola masing-masing hunian. Standar kebutuhan air mengacu pada standar kebutuhan air sesuai dengan ketentuan dari SNI Penyusunan neraca sumberdaya air spasial. Standar kebutuhan air untuk penginapan dan asrama sebesar 90 liter/penghuni/hari. Selain itu ditambahkan nilai 10% dari kebutuhan air kamar sebagai kebutuhan lain-lain seperti *laundry*. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan air *Guest House* di Universitas Brawijaya:

- Standar kebutuhan air *Guest House* UB = 90liter/penghuni/hari
- Asumsi tiap kamar = 2 orang
- Jumlah kamar = 39
- Kebutuhan air kamar =  $(90 \times 39 \times 2 \times 365)/1000$   
= 2562,300 m<sup>3</sup>/tahun
- Kebutuhan lain-lain = 10% x Kebutuhan air kamar  
= 10% x 2562,300  
= 256,230 m<sup>3</sup>/tahun

$$\begin{aligned}
 - \text{ Total Kebutuhan air } \textit{Guest House UB} &= \text{ Kebutuhan air kamar + kebutuhan air} \\
 &\quad \text{lain-lain} \\
 &= 2562,300 + 256,230 \\
 &= 2818,530 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Total kebutuhan air Penginapan, asrama dan rusun Universitas Brawijaya sebesar 31798,800 m<sup>3</sup>/tahun. Kebutuhan air terbesar berasal dari Asrama Griya Brawijaya sebesar 16260,750 m<sup>3</sup>/tahun dan kebutuhan air terkecil berasal dari penginapan *Guest House UB* sebesar 2818,530 m<sup>3</sup>/tahun. Perhitungan kebutuhan air komersial secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.9

**Tabel 4.9 Kebutuhan Air Komersial Universitas Brawijaya**

No.	Nama Gedung	Standar Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> /penghuni/hari)	Jumlah Kamar	Asumsi Penghuni Tiap Kamar	Kebutuhan Air Kamar (m <sup>3</sup> /tahun)	Kebutuhan Lain-lain (m <sup>3</sup> /tahun)	Total Kebutuhan (m <sup>3</sup> /tahun)
1	<i>Guest House UB</i>	0,09	39	2	2562,300	256,230	2818,530
2	Penginapan Griya Brawijaya	0,09	64	2	4204,800	420,480	4625,280
3	Asrama Brawijaya	0,09	225	2	14782,500	1478,250	16260,750
4	Rusunawa Brawijaya	0,09	112	2	7358,400	735,840	8094,240
<b>Total Kebutuhan Air</b>							<b>31798,800</b>

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.2.2 Kebutuhan Air Non Komersial

##### 4.2.2.1 Kebutuhan Air Civitas Akademika (Universitas)

Perhitungan kebutuhan air universitas dihitung berdasarkan banyaknya jumlah civitas akademika dan standar kebutuhan air tiap fakultas di Universitas Brawijaya. Data banyaknya civitas akademika dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diambil dari bagian PIDK Universitas Brawijaya. Standar kebutuhan air universitas disesuaikan dengan standar kebutuhan air berdasarkan SNI Penyusunan neraca sumberdaya air spasial.

Kebutuhan air bersih untuk keperluan universitas merupakan rerata kebutuhan air wudhu, mencuci tangan/kaki, kakus dan lain sebagainya yang berhubungan dengan keperluan air di universitas. Untuk menghitung besarnya kebutuhan air untuk civitas akademika adalah dengan mengalikan standar kebutuhan air civitas akademika dengan jumlah civitas akademika yang ada. Standar kebutuhan air universitas ditetapkan sebesar 10 liter/orang/hari.

Berikut merupakan perhitungan kebutuhan air universitas pada Fakultas Hukum Universitas Brawijaya:

$$- \text{ Standar kebutuhan air} = 10 \text{ liter/orang/hari}$$

- Jumlah civitas akademika = 3085 orang
- Kebutuhan air =  $(10 \times 3085 \times 365)/1000$   
= 11260,250 m<sup>3</sup>/tahun

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan tingkat kebutuhan air Universitas Brawijaya sebesar 231581,550 m<sup>3</sup>/tahun. Kebutuhan air terbesar berasal dari Fakultas Ilmu Administrasi sebesar 25513,500 m<sup>3</sup>/tahun dan kebutuhan air terkecil berasal dari Program Pascasarjana sebesar 730,000 m<sup>3</sup>/tahun. Perhitungan kebutuhan air universitas secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10 Kebutuhan Air Universitas Brawijaya**

No	Fakultas	Jumlah Civitas Akademika (orang)	Standar Kebutuhan Air (liter/orang/hari)	Kebutuhan Air Universitas (m <sup>3</sup> /tahun)
1	Hukum	3085	10	11260,250
2	Ekonomi dan Bisnis	5380	10	19637,000
3	Ilmu Administrasi	6990	10	25513,500
4	Pertanian	5658	10	20651,700
5	Peternakan	2416	10	8818,400
6	Teknik	6864	10	25053,600
7	Kedokteran	4068	10	14848,200
8	Perikanan dan Ilmu Kelautan	5166	10	18855,900
9	Matematika & IPA	2803	10	10230,950
10	Teknologi Pertanian	3667	10	13384,550
11	Ilmu Sosial dan Ilmu Politik	6254	10	22827,100
12	Ilmu Budaya	3497	10	12764,050
13	Program Kedokteran Hewan	945	10	3449,250
14	Fakultas Teknologi Informasi & Ilmu Komputer	4137	10	15100,050
15	Program Vokasi	1631	10	5953,150
16	Pascasarjana	200	10	730,000
17	Kantor Pusat	686	10	2503,900
	Total	63447		231581,550

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.2.2.2 Kebutuhan Air Kantin

Kebutuhan air bersih untuk keperluan kantin merupakan rerata kebutuhan air yang digunakan untuk memasak, mencuci peralatan makan, mencuci tangan/kaki, kakus dan lain sebagainya. Untuk menghitung besarnya kebutuhan air kantin adalah dengan mengalikan standar kebutuhan air kantin/restoran dengan jumlah kursi yang ada. Standar kebutuhan air mengacu pada standar kebutuhan air sesuai dengan ketentuan dari SNI Tata cara

perencanaan sistem plambing. Standar kebutuhan air untuk kantin ditetapkan sebesar 15 liter/kursi. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan kantin CL:

- Standar kebutuhan air kantin = 15 liter/kursi/hari
- Jumlah kursi = 480
- Kebutuhan air =  $(15 \times 480 \times 365)/1000$   
= 2628 m<sup>3</sup>/tahun

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan tingkat kebutuhan air kantin di Universitas Brawijaya sebesar 10156,125 m<sup>3</sup>/tahun. Kebutuhan air terbesar berasal dari kantin CL yang merupakan kantin terbesar di Universitas Brawijaya yaitu memiliki tingkat kebutuhan air sebesar 2628 m<sup>3</sup>/tahun dan kebutuhan air terkecil berasal dari kantin Teknik sebesar 136,88 m<sup>3</sup>/tahun. Perhitungan kebutuhan air secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11 Kebutuhan Air Kantin**

No.	Nama Kantin	Standar Kebutuhan Air (liter/kursi)	Jumlah Kursi	Kebutuhan Air Kantin (m <sup>3</sup> /tahun)
1	Kantin CL	15	480	2628,000
2	Kantin Hukum	15	100	547,500
3	Kantin Ekonomi dan Bisnis	15	100	547,500
4	Kantin Ilmu Administrasi	15	100	547,500
5	Kantin Pertanian	15	100	547,500
6	Kantin Peternakan	15	100	547,500
7	Kantin Teknik	15	25	136,875
8	Kantin Kedokteran	15	100	547,500
9	Kantin Perikanan dan Ilmu Kelautan	15	50	273,750
10	Kantin MIPA	15	100	547,500
11	Kantin Teknologi Pertanian	15	100	547,500
12	Kantin Ilmu Sosial dan Ilmu Politik	15	100	547,500
13	Kantin Ilmu Budaya	15	100	547,500
14	Kantin Kedokteran Hewan	15	100	547,500
15	Kantin Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer	15	100	547,500
16	Kantin Vokasi	15	100	547,500
Total Kebutuhan Air Kantin				10156,125

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.2.2.3 Kebutuhan Air Tempat Peribadatan

Kebutuhan air untuk peribadatan dihitung berdasarkan luas bangunan rumah ibadah (m<sup>2</sup>) dikalikan dengan standar kebutuhan air tempat peribadatan. Dalam studi ini standar

kebutuhan air peribadatan ditentukan menurut Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjend Cipta Karya DPU sebesar 50 liter/hari/m<sup>2</sup>.

Contoh Perhitungan :

- Luas Bangunan Mushola Al Hadid Teknik = 162,265 m<sup>2</sup>
- Standar kebutuhan air = 50 m<sup>3</sup>/hari/m<sup>2</sup>
- Kebutuhan air = (162,265 x 50 x 365)/1000  
= 2961,336 m<sup>3</sup>/tahun

Kebutuhan air tempat peribadatan di Universitas Brawijaya memiliki tingkat kebutuhan air sebesar 23536,386 m<sup>3</sup>/tahun. Perhitungan kebutuhan air tempat ibadah selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.12.

**Tabel 4.12 Kebutuhan Air Tempat Ibadah**

No	Nama Tempat Ibadah	Standar Kebutuhan Air Tempat Ibadah (liter/m <sup>2</sup> /hari)	Luas Bangunan (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Air Tempat Ibadah (m <sup>3</sup> /tahun)
1	Mushola Al Hadid Teknik	50	162,265	2961,336
2	Mushola Ash Shodaqoh Ekonomi	50	60,125	1097,281
3	Mushola Al Ikhlas Hukum	50	83,620	1526,065
4	Mushola Ulul Albab PTIHK	50	105,000	1916,250
5	Mushola Nurul Ilmi MIPA	50	116,325	2122,931
6	Mushola Baitul Ilmi MIPA	50	47,250	862,313
7	Mushola Nurul Falah Pertanian	50	160,080	2921,460
8	Mushola Bahrul Ulum Perikanan	50	309,150	5642,988
9	Mushola Peternakan	50	152,640	2785,680
10	Mushola FIA	50	93,210	1701,083
Total Kebutuhan Air tempat ibadah				23536,386

Sumber: Hasil Perhitungan

### 4.3 Total Ketersediaan dan Kebutuhan Air

Total ketersediaan air di Universitas Brawijaya didapatkan dari penjumlahan ketersediaan airtanah dan ketersediaan air PDAM. Total ketersediaan air dari kedua sumber tersebut sebesar 465290 m<sup>3</sup>/tahun. Ketersediaan air terbesar berasal dari ketersediaan airtanah sebesar 378432 m<sup>3</sup>/tahun dengan proporsi 81,333% dari total ketersediaan. Sedangkan untuk ketersediaan air PDAM sebesar 86858 m<sup>3</sup>/tahun dengan proporsi 18,667% dari total ketersediaan. Secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.5.

Total kebutuhan air di Universitas Brawijaya yang meliputi kebutuhan air penginapan, universitas, kantin dan tempat ibadah adalah sebesar 279728,061 m<sup>3</sup>/tahun. Dari jumlah total tersebut, kebutuhan air terbesar pada sektor universitas sebesar 231581,550 m<sup>3</sup>/tahun. Dilanjutkan berturut-turut kebutuhan air penginapan sebesar 31798,800 m<sup>3</sup>/tahun, kebutuhan air tempat ibadah sebesar 23536,386 m<sup>3</sup>/tahun, dan kebutuhan air terkecil pada sektor kantin sebesar 10156,125 m<sup>3</sup>/tahun. Dengan kata lain kebutuhan air universitas merupakan kebutuhan yang paling dominan yaitu sebesar 77,954% kemudian secara berturut-turut kebutuhan air penginapan 10,704%, kebutuhan air tempat ibadah 7,923%, dan kebutuhan air kantin 3,419% dari total kebutuhan air. Secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Gambar 4.5.

**Tabel 4.13 Total dan Proporsi Ketersediaan Air di Universitas Brawijaya**

No.	Sumber	Total Ketersediaan Air (m <sup>3</sup> /tahun)	Proporsi Ketersediaan Air (%)
1	Airtanah	378432,000	81,333
2	Air PDAM	86858,000	18,667
Jumlah		465290,000	100

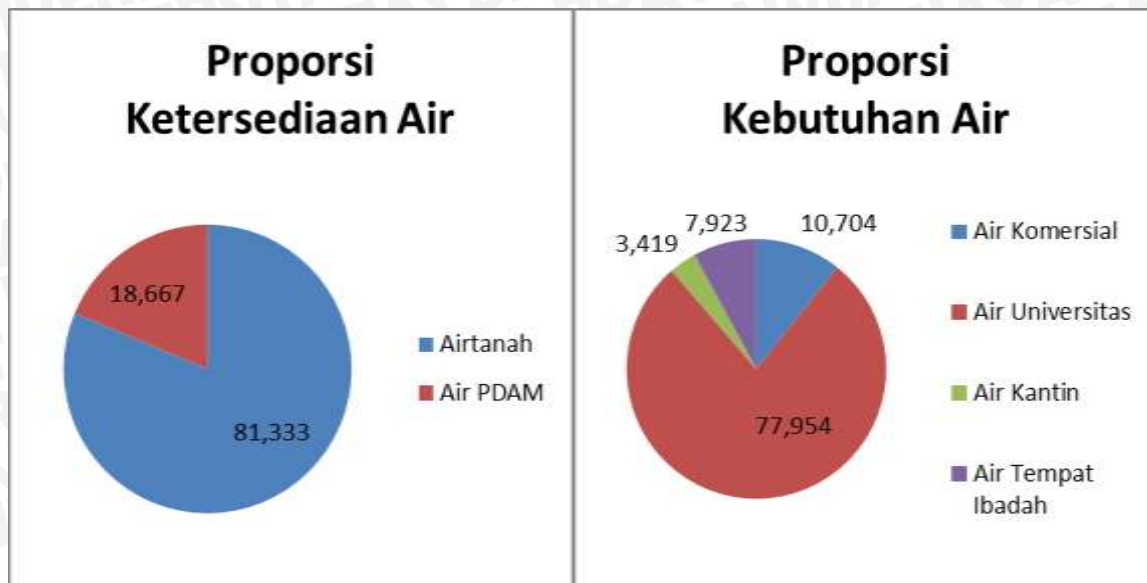
Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4.14 Total dan Proporsi Kebutuhan Air di Universitas Brawijaya**

No.	Peruntukan	Total Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> /tahun)	Proporsi Kebutuhan Air (%)
1	Air Komersial	31798,800	10,704
2	Air Universitas	231581,550	77,954
3	Air Kantin	10156,125	3,419
4	Air Tempat Ibadah	23536,386	7,923
Jumlah		279728,061	100

Sumber: Hasil Perhitungan





Gambar 4.5 Proporsi Ketersediaan dan Kebutuhan Air di Universitas Brawijaya  
Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.3.1 Analisa Neraca Air

Analisa neraca air merupakan modal dasar dalam menyusun strategi pengelolaan air, seperti di Universitas Brawijaya. Perhitungan neraca air dilakukan dengan didasarkan pada perbandingan antara total ketersediaan air dengan total kebutuhan air di wilayah yang dilayaninya.

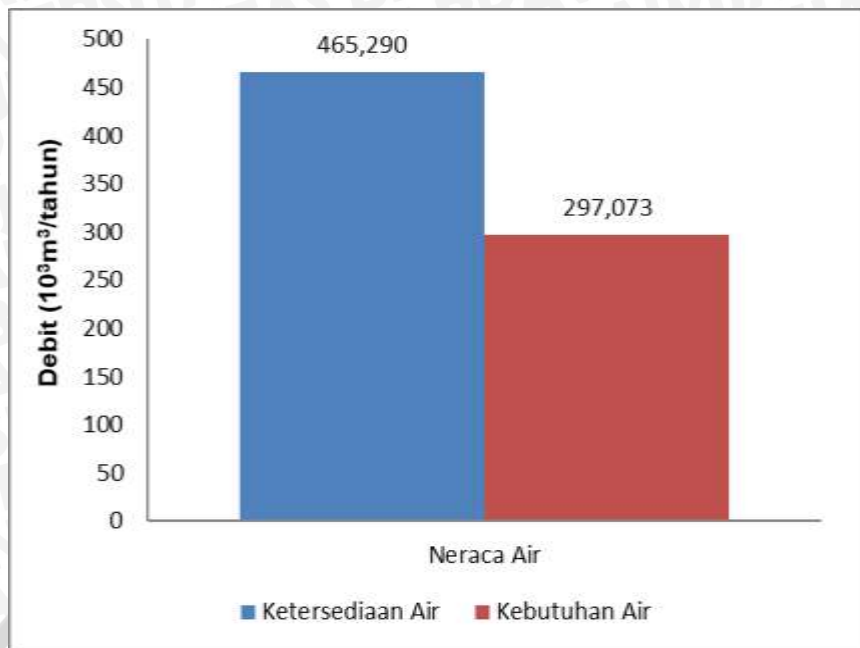
Total ketersediaan air di Universitas Brawijaya diperoleh dengan menjumlahkan ketersediaan air dari berbagai sumber seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{total ketersediaan}} &= Q_{\text{air tanah}} + Q_{\text{air PDAM}} \\
 &= 378432 + 86858 \\
 &= 465290 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Sedangkan, total kebutuhan air di Universitas Brawijaya diperoleh dengan menjumlahkan kebutuhan air dari berbagai peruntukan seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{total kebutuhan}} &= Q_{\text{komersial}}(Q_{\text{penginapan/asrama}}) + Q_{\text{non komersial}}(Q_{\text{universitas, kantin dan tempat ibadah}}) \\
 &= 31798,800 + 231581,550 + 10156,125 + 23536,386 \\
 &= 297072,861 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, neraca air di Universitas Brawijaya mengalami kelebihan atau surplus sebesar  $168217,139 \text{ m}^3/\text{tahun}$ .



Gambar 4.6 Kondisi Neraca Air di Universitas Brawijaya

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.3.2 Proyeksi Kebutuhan Air

Proyeksi kebutuhan air di masa yang akan datang dihitung berdasarkan asumsi kebutuhan air penginapan dan asrama dianggap tetap atau tidak ada penambahan jumlah kamar, dan besarnya laju pertumbuhan civitas akademika sesuai dengan angka laju pertumbuhan berdasarkan data dari PIDK Universitas Brawijaya.

##### 4.3.2.1 Penentuan Metode Laju Pertumbuhan Civitas Akademika

Perhitungan proyeksi civitas akademika merupakan dasar dari kebutuhan air di Universitas Brawijaya. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah civitas akademika, antara lain metode Aritmatik, Geometrik dan Eksponensial. Sebelum perhitungan dengan metode tersebut, perlu diketahui data pertumbuhan civitas akademika. Berikut merupakan data pertumbuhan civitas akademika di Universitas Brawijaya Malang.

Tabel 4.15 Data Pertumbuhan Civitas Akademika di Universitas Brawijaya

Tahun	Jumlah Civitas Akademika (Orang)	Pertambahan Civitas akademika (%)
2010	41176	
2011	49619	0,21
2012	55897	0,13
2013	65213	0,17
2014	63447	-0,03
	Rata-rata	0,12

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan data pertumbuhan civitas akademika, dilakukan perhitungan kembali mulai tahun 2010 hingga tahun 2014 yang disebut dengan perhitungan mundur. Nilai angka pertumbuhan civitas akademika adalah 0,12%. Nilai tersebut didapat berdasarkan prosentase pertumbuhan civitas akademika rata-rata per tahun:

$$r = \frac{\sum r}{9} \%$$

$$r = \frac{0,21 + 0,13 + 0,17 + (-0,03)}{4} \%$$

$$r = 0,12\%$$

#### 1. Metode Aritmatik

Salah satu cara untuk menghitung proyeksi jumlah civitas akademika dilakukan perhitungan mundur dengan Metode Aritmatik. Contoh perhitungan proyeksi jumlah civitas akademika tahun 2010 di Universitas Brawijaya dengan menggunakan Metode Aritmatik:

- Jumlah civitas akademika tahun 2014 ( $P_n$ ) = 63447 orang
- Prosentase pertumbuhan civitas akademika rata-rata per tahun ( $r$ ) = 0,12%
- Jangka waktu ( $n$ ) = 4

Maka proyeksi jumlah civitas akademika pada tahun 2010 ( $P_o$ ) adalah :

$$P_o = \frac{P_n}{(1 + rn)}$$

$$= \frac{63447}{(1 + (0,0012 \times 4))} = 63149,469 \text{ orang}$$

#### 2. Metode Geometrik

Selain menggunakan Metode Aritmatik, perhitungan proyeksi jumlah civitas akademika juga dilakukan perhitungan mundur dengan Metode Geometrik. Contoh perhitungan proyeksi jumlah civitas akademika tahun 2010 di Universitas Brawijaya dengan menggunakan Metode Geometrik:

- Jumlah civitas akademika tahun 2014 ( $P_n$ ) = 63447 orang
- Prosentase pertumbuhan civitas akademika rata-rata per tahun ( $r$ ) = 0,12%
- Jangka waktu ( $n$ ) = 4

Maka proyeksi jumlah civitas akademika pada tahun 2010 ( $P_o$ ) adalah :

$$P_o = \frac{P_n}{(1 + r)^n}$$

$$= \frac{63447}{(1 + 0,0012)^4} = 63148,945 \text{ orang}$$

### 3. Metode Eksponensial

Metode lain yang umum digunakan untuk menghitung proyeksi jumlah civitas akademika adalah perhitungan mundur dengan Metode Eksponensial. Contoh perhitungan proyeksi jumlah civitas akademika tahun 2010 di Universitas Brawijaya dengan menggunakan Metode Eksponensial:

- Jumlah civitas akademika tahun 2014 ( $P_n$ ) = 63447 orang
- Prosentase pertumbuhan civitas akademika rata-rata per tahun ( $r$ ) = 0,12%
- Jangka waktu ( $n$ ) = 4

Maka proyeksi jumlah civitas akademika pada tahun 2010 ( $P_o$ ) adalah :

$$P_o = \frac{P_n}{e^{rn}}$$

$$= \frac{63447}{(2,7182818)^{0,0012 \times 4}} = 63148,770 \text{ orang}$$

**Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Proyeksi Pertumbuhan Civitas Akademika Tahun 2010-2014**

Tahun	Jumlah Penduduk (orang)	Proyeksi Jumlah Penduduk		
		Metode Aritmatik (orang)	Metode Geometrik (orang)	Metode Eksponensial (orang)
2010	41176	63149,469	63148,945	63148,770
2011	49619	63223,590	63223,327	63223,196
2012	55897	63297,885	63297,797	63297,709
2013	65213	63372,355	63372,355	63372,311
2014	63447	63447,000	63447,000	63447,000
Jumlah	275.352	316490,298	316489,424	316488,986

Sumber: Hasil Perhitungan

Dalam menentukan metode proyeksi jumlah civitas akademika yang mendekati kebenaran harus dilakukan uji kesesuaian proyeksi berdasarkan nilai standar deviasi dan koefisien korelasi. Jumlah data ( $n$ ) kurang dari 20 maka rumus standar deviasi dan koefisien korelasi yaitu (Sirait JT, 2006: 60).

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n}}$$

$$R = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \cdot \sum Y_i}{\sqrt{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \cdot \sqrt{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

**Tabel 4.17 Perhitungan Standar Deviasi Metode Aritmatik**

Tahun	Tahun ke-	Jumlah Civitas Akademika/ Y (orang)	Hasil Metode Aritmatik/ Yi (orang)	Yi - Y (orang)	(Yi - Y) <sup>2</sup>
2010	1	41176,000	63149,469	8079,069	65271352,532
2011	2	49619,000	63223,590	8153,190	66474501,889
2012	3	55897,000	63297,885	8227,485	67691505,504
2013	4	65213,000	63372,355	8301,955	68922451,241
2014	5	63447,000	63447,000	8376,600	70167427,560
Jumlah		275352,000	-	-	338527238,726
Y		55070,400	-	-	
Standar deviasi					8228,332

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4.18 Perhitungan Standar Deviasi Metode Geometrik**

Tahun	Tahun ke-	Jumlah Civitas Akademika/ Y (orang)	Hasil Metode Geometrik/ Yi (orang)	Yi - Y (orang)	(Yi - Y) <sup>2</sup>
2010	1	41176,000	63148,945	8078,545	65262891,957
2011	2	49619,000	63223,327	8152,927	66470224,356
2012	3	55897,000	63297,797	8227,397	67690063,830
2013	4	65213,000	63372,355	8301,955	68922451,241
2014	5	63447,000	63447,000	8376,600	70167427,560
Jumlah		275352,000	-	-	338513058,944
Y		55070,400	-	-	
Standar deviasi					8228,160

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4.19 Perhitungan Standar Deviasi Metode Eksponensial**

Tahun	Tahun ke-	Jumlah Civitas Akademika/ Y (orang)	Hasil Metode Eksponensial/ Yi (orang)	Yi - Y (orang)	(Yi - Y) <sup>2</sup>
2010	1	41176,000	63148,770	8078,370	65260063,100
2011	2	49619,000	63223,196	8152,796	66468080,649
2012	3	55897,000	63297,709	8227,309	67688619,935
2013	4	65213,000	63372,311	8301,911	68921721,891
2014	5	63447,000	63447,000	8376,600	70167427,560
Jumlah		275352,000	-	-	338505913,136
Y		55070,400	-	-	
Standar deviasi					8228,073

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4.20 Perhitungan Koefisien Korelasi Metode Aritmatik**

Tahun	Data/ Xi (orang)	$X_i^2$	Hasil Metode Aritmatik/ Yi (orang)	$Y_i^2$	$X_i \cdot Y_i$
2010	41176	1695462976	63149,469	3987855408,600	2600242526,943
2011	49619	2462045161	63223,590	3997222291,486	3137091296,120
2012	55897	3124474609	63297,885	4006622215,307	3538161864,526
2013	65213	4252735369	63372,355	4016055335,646	4132701364,696
2014	63447	4025521809	63447,000	4025521809,000	4025521809,000
Jumlah	275352	15560239924	316490,298	20033277060	17433718861,285
Angka Korelasi (R)					0,9547014

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4.21 Angka Korelasi Metode Geometrik**

Tahun	Data/ Xi (orang)	$X_i^2$	Hasil Metode Geometrik/ Yi (orang)	$Y_i^2$	$X_i \cdot Y_i$
2010	41176	1695462976	63148,945	3987789275,250	2600220966,048
2011	49619	2462045161	63223,327	3997189121,060	3137078279,722
2012	55897	3124474609	63297,797	4006611123,782	3538156967,179
2013	65213	4252735369	63372,355	4016055335,646	4132701364,696
2014	63447	4025521809	63447,000	4025521809,000	4025521809,000
Jumlah	275352	15560239924	316489,424	20033166665	17433679386,645
Angka Korelasi (R)					0,9548642

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4.22 Angka Korelasi Metode Eksponensial**

Tahun	Data/ Xi (orang)	$X_i^2$	Hasil Metode Eksponensial/ Yi (orang)	$Y_i^2$	$X_i \cdot Y_i$
2010	41176	1695462976	63148,770	3987767162,230	2600213756,688
2011	49619	2462045161	63223,196	3997172497,190	3137071756,334
2012	55897	3124474609	63297,709	4006600015,071	3538152062,237
2013	65213	4252735369	63372,311	4016049768,194	4132698500,116
2014	63447	4025521809	63447,000	4025521809,000	4025521809,000
Jumlah	275352	15560239924	316488,986	20033111252	17433657884,375
Angka Korelasi (R)					0,9548641

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut merupakan tabel hasil rekapitulasi uji kesesuaian proyeksi civitas akademika:

**Tabel 4.23 Rekapitulasi Hasil Uji Kesesuaian Proyeksi Civitas Akademika**

No.	Uji Kesesuaian	Metode		
		Aritmatik	Geometrik	Ekspensial
1	Standar Deviasi	8228,332	8228,160	8228,073
2	Koefisien Korelasi	0,9547	0,9549	0,9549

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan uji kesesuaian proyeksi civitas akademika diatas dipilih Metode Ekspensial, karena berdasarkan nilai standar deviasi metode tersebut lebih kecil dibandingkan dua metode lainnya dan memiliki angka korelasi yang mendekati 1. Metode tersebut akan digunakan untuk menghitung proyeksi selama 30 tahun atau sampai tahun 2044. Berikut merupakan perhitungan proyeksi civitas akademika hingga tahun 2044.

- Jumlah civitas akademika tahun 2014 ( $P_0$ ) = 63447orang
- Prosentase pertumbuhan civitas akademika rata-rata per tahun = 0,12%
- Jangka waktu ( $n$ ) = 30

Maka jumlah civitas akademika pada tahun 2044 adalah :

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_0 \cdot e^m \\
 &= 63447 (2,7182818)^{0,0012 \times 30} \\
 &= 65729 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel dibawah dapat diketahui untuk proyeksi civitas akademika selama 30 tahun didapatkan jumlah civitas akademika sebesar 65729 orang

**Tabel 4.24 Proyeksi Civitas Akademika Metode Eksponensial Hingga Tahun 2044**

No.	Tahun	Hasil Proyeksi Civitas Akademika
1	2014	63447
2	2015	63522
3	2016	63597
4	2017	63672
5	2018	63747
6	2019	63822
7	2020	63897
8	2021	63972
9	2022	64048
10	2023	64123
11	2024	64199
12	2025	64274
13	2026	64350
14	2027	64426
15	2028	64502
16	2029	64578
17	2030	64654
18	2031	64730
19	2032	64807
20	2033	64883
21	2034	64959
22	2035	65036
23	2036	65113
24	2037	65189
25	2038	65266
26	2039	65343
27	2040	65420
28	2041	65497
29	2042	65574
30	2043	65652
31	2044	65729

Sumber: Hasil Perhitungan



#### 4.3.2.2 Perkiraan Kondisi Neraca Air pada Tahun 2044

Tabel 4.25 Perkiraan Kondisi Neraca Air di Universitas Brawijaya Pada Tahun 2044

No.	Tahun	Ketersediaan Air		Kebutuhan Air				Neraca Air
		Airtanah	Air PDAM	Air Komersial	Air Non Komersial	Air Kantin	Air Tempat Ibadah	
1	2014	378432	86858	31799	231582	10156	23536	168217,139
2	2015	378432	86858	31799	231854	10156	23536	167944,202
3	2016	378432	86858	31799	232128	10156	23536	167670,943
4	2017	378432	86858	31799	232401	10156	23536	167397,362
5	2018	378432	86858	31799	232675	10156	23536	167123,459
6	2019	378432	86858	31799	232949	10156	23536	166849,233
7	2020	378432	86858	31799	233224	10156	23536	166574,683
8	2021	378432	86858	31799	233499	10156	23536	166299,810
9	2022	378432	86858	31799	233774	10156	23536	166024,614
10	2023	378432	86858	31799	234050	10156	23536	165749,092
11	2024	378432	86858	31799	234325	10156	23536	165473,247
12	2025	378432	86858	31799	234602	10156	23536	165197,076
13	2026	378432	86858	31799	234878	10156	23536	164920,579
14	2027	378432	86858	31799	235155	10156	23536	164643,757
15	2028	378432	86858	31799	235432	10156	23536	164366,608
16	2029	378432	86858	31799	235710	10156	23536	164089,133
17	2030	378432	86858	31799	235987	10156	23536	163811,331
18	2031	378432	86858	31799	236265	10156	23536	163533,201
19	2032	378432	86858	31799	236544	10156	23536	163254,743
20	2033	378432	86858	31799	236823	10156	23536	162975,958
21	2034	378432	86858	31799	237102	10156	23536	162696,843
22	2035	378432	86858	31799	237381	10156	23536	162417,400
23	2036	378432	86858	31799	237661	10156	23536	162137,628
24	2037	378432	86858	31799	237941	10156	23536	161857,525
25	2038	378432	86858	31799	238222	10156	23536	161577,093
26	2039	378432	86858	31799	238502	10156	23536	161296,330
27	2040	378432	86858	31799	238783	10156	23536	161015,236
28	2041	378432	86858	31799	239065	10156	23536	160733,811
29	2042	378432	86858	31799	239347	10156	23536	160452,054
30	2043	378432	86858	31799	239629	10156	23536	160169,965
31	2044	378432	86858	31799	239911	10156	23536	159887,544

Sumber: Hasil Perhiungan

#### 4.4 Pembuatan Rekomendasi

Dalam studi ini, rekomendasi yang diberikan antara lain:

1. Diperlukan analisa hujan andalan sebagai alternatif potensi air guna mendukung ketersediaan air di Universitas Brawijaya. Selain itu juga sebagai upaya meminimalisir penggunaan air tanah dan air PDAM.
2. Diperlukan analisa neraca air rekomendasi dengan input hujan andalan, air tanah dan kebutuhan air.
3. Diperlukan perencanaan bangunan penampung air hujan berupa tampungan *rainwater harvesting*, sumur resapan dan lubang resapan biopori agar dapat digunakan di masa yang akan datang dengan menganalisa hujan rancangan kala ulang 2th, 5th dan 10th.

Adapun perhitungan masing-masing rekomendasi tersebut disajikan pada penjabaran berikut ini:

##### 4.4.1 Analisa Curah Hujan Andalan

Curah hujan andalan adalah curah hujan rerata daerah minimum untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan dan dapat dipakai untuk keperluan air baku. Curah hujan andalan untuk air baku ditetapkan 90%. Data hujan yang digunakan dalam Analisa ini merupakan data hujan tahunan. Langkah-langkah dalam penentuan curah hujan andalan adalah sebagai berikut:

1. Menguji data hujan yang ada dengan pengujian *inlier-outlier* untuk mengetahui apakah data terbesar dan terkecil dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak.
2. Urutkan data curah hujan tahunan dari kecil ke besar.
3. Menentukan curah hujan andalan dengan rumus:

$$R = \frac{n}{10} + 1 \text{ (untuk keandalan 90\%)}$$

Adapun analisa dari setiap langkah-langkah di atas disajikan pada penjabaran berikut:

##### A. Uji Abnormalitas Data Curah Hujan Tahunan

Setelah data curah hujan tahunan diurutkan dari besar ke kecil, lalu dihitung harga logaritmiknya (Y).

Berikut langkah perhitungan Uji *Inlier-Outlier* Stasiun Pengairan.

- Jumlah data hujan (n) = 10
- Nilai Kn = 2,036 (Berdasarkan Tabel 2.7)
- $Y_H = \text{Rerata} + (Kn \times S)$   
 $= 3,280 + (2,036 \times 0,100)$   
 $= 3,485$

$$\begin{aligned}
 - X_H (\text{nilai ambang atas}) &= 10^{Y_H} \\
 &= 10^{3,485} \\
 &= 3051,943 \\
 - Y_L &= \text{Rerata} - (K_n \times S) \\
 &= 3,280 - (2,036 \times 0,100) \\
 &= 3,076 \\
 - X_L (\text{nilai ambang bawah}) &= 10^{Y_L} \\
 &= 10^{3,076} \\
 &= 1191,437
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.26 Uji Inlier-Outlier Curah Hujan Tahunan Stasiun Pengairan**

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)	Y = Log x	Keterangan
1	2010	3373,85	3,528	Nilai ambang atas (XH)
2	2011	2114,25	3,325	XH = 3051,943
3	2005	2088,75	3,320	
4	2004	2018,40	3,305	Nilai ambang bawah (XL)
5	2012	1753,15	3,244	XL = 1191,437
6	2006	1730,65	3,238	
7	2008	1722,15	3,236	Maka:
8	2007	1720,40	3,236	terdapat 1 data yang melebihi
9	2003	1539,30	3,187	batas ambang atas pada tahun
10	2009	1527,60	3,184	2010, sehingga tidak dapat
				Digunakan
Standart Deviasi =			0,100	
Rata-rata =			3,280	
Nilai $K_n$ =			2,036	
YH =			3,485	
YL =			3,076	

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.26 diatas interval data yang memenuhi syarat adalah antara 1191,437 mm sampai dengan 3051,943 mm. Sedangkan, data aktual terendah = 1527,60 mm dan tertinggi = 3373,85 mm, maka data aktual pada tahun 2010 tidak dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

#### B. Perhitungan Hujan Andalan

Setelah data curah hujan tahunan diurutkan dari kecil ke besar, kemudian dihitung nilai keandalan 90% sebagai berikut:

$$- R = \frac{n}{10} + 1$$

$$= \frac{9}{10} + 1$$

$$= 1,9$$

**Tabel 4.27 Curah Hujan Andalan Universitas Brawijaya**

No	Data Hujan		Rangking Data		Hujan Andalan	Keterangan
	Tahun	Curah Hujan	Tahun	Curah Hujan		
1	2003	1539,30	2009	1527,6	<b>1538,13</b>	<b>R90</b>
2	2004	2018,40	2003	1539,3		
3	2005	2088,75	2007	1720,4		
4	2006	1730,65	2008	1722,15		
5	2007	1720,40	2006	1730,65		
6	2009	1722,15	2012	1753,15		
7	2010	1527,60	2004	2018,4		
8	2011	2114,25	2005	2088,75		
9	2012	1753,15	2011	2114,25		

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel di atas potensi hujan andalan di Universitas Brawijaya sebesar 1538,13 mm atau setara dengan 107783,12 m<sup>3</sup>/tahun dimana potensi tersebut berasal dari hujan yang jatuh pada atap gedung di Universitas Brawijaya saja dengan luas permukaan total atap 70074,13 m<sup>2</sup>, sedangkan potensi hujan andalan yang jatuh di seluruh Universitas Brawijaya (diasumsikan UB hanya berupa lahan terbuka dengan luas 51 ha) sebesar 784446,3 m<sup>3</sup>/tahun.

#### 4.4.2 Analisa Neraca Air Rekomendasi

Analisa neraca air rekomendasi merupakan kondisi keseimbangan air di Universitas Brawijaya setelah dilakukan perhitungan potensi air hujan andalan yang jatuh di atap. Pada neraca air rekomendasi ini, tidak diperhitungkan air PDAM sebagai gambaran kemandirian Universitas Brawijaya dalam memenuhi ketersediaan airnya. Total kebutuhan air pada neraca air rekomendasi diasumsikan sama dengan pada neraca air eksisting. Perhitungan neraca air dilakukan dengan didasarkan pada perbandingan antara total ketersediaan air dengan total kebutuhan air di wilayah yang dilayaninya.

Total ketersediaan air di Universitas Brawijaya diperoleh dengan menjumlahkan ketersediaan air dari berbagai sumber seperti berikut:

$$Q_{\text{total ketersediaan}} = Q_{\text{airtanah}} + Q_{\text{hujan andalan yang jatuh di atap}}$$

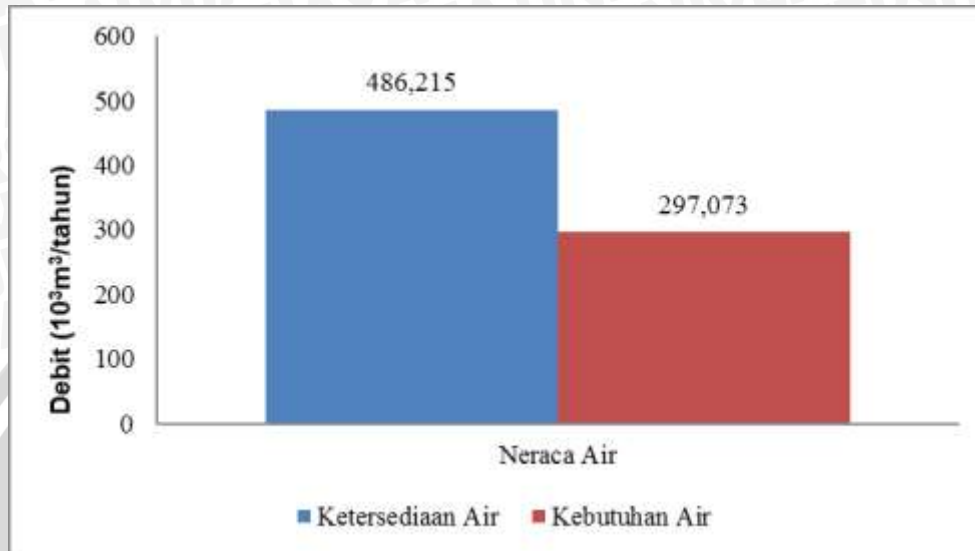
$$= 378432 + 107783,12$$

$$= 486215,12 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Sedangkan, total kebutuhan air di Universitas Brawijaya diperoleh dengan menjumlahkan kebutuhan air dari berbagai peruntukan seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{total kebutuhan}} &= Q_{\text{komersial}}(Q_{\text{penginapan/asrama}}) + Q_{\text{non komersial}}(Q_{\text{universitas, kantin dan tempat ibadah}}) \\
 &= 31798,800 + 231581,550 + 10156,125 + 23536,386 \\
 &= 297072,861 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, neraca air di Universitas Brawijaya mengalami kelebihan atau surplus sebesar 189142,259 m<sup>3</sup>/tahun.



Gambar 4.7 Kondisi Neraca Air Rekomendasi di Universitas Brawijaya  
Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah diketahui kondisi neraca air rekomendasi, dilakukan perhitungan proyeksi neraca air selama 30 tahun menggunakan metode eksponensial, adapun hasil proyeksi tersebut dijabarkan pada Tabel 4.28.

Berdasarkan Tabel 4.28 dibawah, kondisi neraca air rekomendasi setelah diproyeksikan selama 30 tahun masih mengalami surplus air sebesar 180812,664 m<sup>3</sup>/tahun. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa, jika Universitas Brawijaya memanfaatkan air hujan andalan yang ada, maka diharapkan kedepannya Universitas Brawijaya dapat meminimalisir penggunaan air PDAM dan airtanah.

**Tabel 4.28 Perkiraan Kondisi Neraca Air Rekomendasi di Universitas Brawijaya pada Tahun 2044**

No.	Tahun	Ketersediaan Air		Kebutuhan Air				Neraca Air
		Airtanah	Hujan Andalan	Air Komersial	Air Non Komersial	Air Kantin	Air Tempat Ibadah	
1	2014	378432,00	107783,12	31798,8	231582	10156	23536	189142,259
2	2015	378432,00	107783,12	31798,8	231854	10156	23536	188869,322
3	2016	378432,00	107783,12	31798,8	232128	10156	23536	188596,063
4	2017	378432,00	107783,12	31798,8	232401	10156	23536	188322,482
5	2018	378432,00	107783,12	31798,8	232675	10156	23536	188048,579
6	2019	378432,00	107783,12	31798,8	232949	10156	23536	187774,353
7	2020	378432,00	107783,12	31798,8	233224	10156	23536	187499,803
8	2021	378432,00	107783,12	31798,8	233499	10156	23536	187224,930
9	2022	378432,00	107783,12	31798,8	233774	10156	23536	186949,734
10	2023	378432,00	107783,12	31798,8	234050	10156	23536	186674,212
11	2024	378432,00	107783,12	31798,8	234325	10156	23536	186398,367
12	2025	378432,00	107783,12	31798,8	234602	10156	23536	186122,196
13	2026	378432,00	107783,12	31798,8	234878	10156	23536	185845,699
14	2027	378432,00	107783,12	31798,8	235155	10156	23536	185568,877
15	2028	378432,00	107783,12	31798,8	235432	10156	23536	185291,728
16	2029	378432,00	107783,12	31798,8	235710	10156	23536	185014,253
17	2030	378432,00	107783,12	31798,8	235987	10156	23536	184736,451
18	2031	378432,00	107783,12	31798,8	236265	10156	23536	184458,321
19	2032	378432,00	107783,12	31798,8	236544	10156	23536	184179,863
20	2033	378432,00	107783,12	31798,8	236823	10156	23536	183901,078
21	2034	378432,00	107783,12	31798,8	237102	10156	23536	183621,963
22	2035	378432,00	107783,12	31798,8	237381	10156	23536	183342,520
23	2036	378432,00	107783,12	31798,8	237661	10156	23536	183062,748
24	2037	378432,00	107783,12	31798,8	237941	10156	23536	182782,645
25	2038	378432,00	107783,12	31798,8	238222	10156	23536	182502,213
26	2039	378432,00	107783,12	31798,8	238502	10156	23536	182221,450
27	2040	378432,00	107783,12	31798,8	238783	10156	23536	181940,356
28	2041	378432,00	107783,12	31798,8	239065	10156	23536	181658,931
29	2042	378432,00	107783,12	31798,8	239347	10156	23536	181377,174
30	2043	378432,00	107783,12	31798,8	239629	10156	23536	181095,085
31	2044	378432,00	107783,12	31798,8	239911	10156	23536	180812,664

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.4.3 Perencanaan Bangunan Penampung Air Hujan

##### A. Perencanaan Tampung *Rainwater Harvesting*

Dalam perencanaan bangunan penampung *rainwater harvesting*, data yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum stasiun hujan Pengairan dari tahun 2003 sampai dengan 2012 dengan luas wilayah Universitas Brawijaya sebesar 51 Ha.

##### 1. Pengujian Data Hujan

###### - Uji Abnormalitas Data Curah hujan

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui apakah data terbesar dan terkecil dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak. Setelah data curah hujan harian maksimum diurutkan dari besar ke kecil, lalu dihitung harga logaritmiknya (Y).

Berikut langkah perhitungan Uji *Inlier-Outlier* Stasiun Pengairan:

- Jumlah data hujan (n) = 10
- Nilai  $K_n$  = 2,036 (Berdasarkan Tabel 2.7)
- $Y_H$  = Rerata + ( $K_n \times S$ )  
= 2,017 + (2,036 x 0,149)  
= 2,321
- $X_H$  (nilai ambang atas) =  $10^{Y_H}$   
=  $10^{2,321}$   
= 209,503
- $Y_L$  = Rerata - ( $K_n \times S$ )  
= 2,017 - (2,036 x 0,149)  
= 1,713
- $X_L$  (nilai ambang bawah) =  $10^{Y_L}$   
=  $10^{1,713}$   
= 51,623

Berdasarkan Tabel 4.29 interval data yang memenuhi syarat adalah antara 51,623 mm sampai dengan 209,503 mm. Sedangkan, data aktual terendah = 71,50 mm dan tertinggi = 220 mm, maka data aktual pada tahun 2008 tidak dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

**Tabel 4.29 Uji Inlier - Outlier Stasiun Pengairan**

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)	Y = Log x	Keterangan
1	2008	220,00	2,342	Nilai ambang atas (XH)
2	2010	156,50	2,195	XH = 209,503
3	2012	111,50	2,047	
4	2006	102,50	2,011	Nilai ambang bawah (XL)
5	2005	100,40	2,002	XL = 51,623
6	2011	93,50	1,971	
7	2003	90,00	1,954	Maka:
8	2009	83,00	1,919	Terdapat 1 data yang melebihi batas
9	2004	75,00	1,875	ambang atas (XH) yaitu pada tahun 2008,
10	2007	71,50	1,854	sehingga tidak dapat digunakan
		Standart Deviasi =	0,149	
		Rata-rata =	2,017	
		Nilai Kn =	2,036	
		YH =	2,321	
		YL =	1,713	

Sumber: Hasil Perhitungan

#### - Uji Konsistensi Data Metode RAPS

Pada daerah studi ini terdapat 1 stasiun hujan sehingga metode yang digunakan untuk uji konsistensi data adalah metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Metode RAPS merupakan pengujian konsistensi dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri (uji homogenitas), yaitu pengujian kumulatif penyimpangan terhadap rata-rata dibagi dengan akar kumulatif penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya (Harto, 1993:59).

Berikut langkah pengerjaan metode RAPS pada stasiun hujan Pengairan:

- Jumlah data hujan (n) = 10
- Simpangan mutlak [Sk\*] = curah hujan – rerata curah hujan  
= 90,0 – 110,4  
= -20,390 mm
- $Dy^2 = \frac{(Sk^*)^2}{\sum DataCurahHujan}$   
=  $\frac{(-20,390)^2}{10} = 41,575$
- Simpangan rata-rata (Dy) =  $\sum (Dy^2)^{0,5}$   
=  $(1851,989)^{0,5}$   
= 43,035



$$\begin{aligned}
 - \text{ Nilai konsistensi data } [Sk^{**}] &= \frac{Sk^*}{Dy} \\
 &= \frac{-20,390}{43,035} \\
 &= -0,474
 \end{aligned}$$

- Dari nilai  $[Sk^{**}]$  untuk tiap tahun diambil nilai  $Sk^{**}$  maksimum dan  $Sk^{**}$  minimum untuk menghitung Q dan R, berikut merupakan nilai  $Sk^{**}$  maksimum dan  $Sk^{**}$  minimum.

$$Sk^{**} \text{ maksimum} = 2,547$$

$$Sk^{**} \text{ minimum} = -0,904$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Nilai statistik Q untuk } 0 \leq K \leq n &= [Sk^{**} \text{ maksimum}] \\
 &= 2,547
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Nilai statistik R} &= [Sk^{**} \text{ maksimum}] - [Sk^{**} \text{ minimum}] \\
 &= 2,547 - (-0,904) \\
 &= 3,451
 \end{aligned}$$

- Nilai  $Q/(n^{-0,5})$  dan  $R/(n^{-0,5})$

$$\begin{aligned}
 Q/(n^{-0,5}) &= \frac{2,547}{10^{0,5}} \\
 &= 0,805 < 1,29 \text{ (dengan probabilitas 99\%)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R/(n^{-0,5}) &= \frac{3,451}{10^{0,5}} \\
 &= 1,091 < 1,38 \text{ (dengan probabilitas 99\%)}
 \end{aligned}$$

- Jika nilai  $Q/(n^{-0,5})$  dan  $R/(n^{-0,5})$  perhitungan kurang dari  $Q/(n^{-0,5})$  dan  $R/(n^{-0,5})$  tabel, maka data dinyatakan layak digunakan (konsisten). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.30.

**Tabel 4.30 Uji Konsistensi Data dengan Metode RAPS Stasiun Pengairan**

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum	Sk*	Dy <sup>2</sup>	Sk**	[Sk**]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	2003	90,0	-20,390	41,575	-0,474	0,474
2	2004	75,0	-35,390	125,245	-0,822	0,822
3	2005	100,4	-9,990	9,980	-0,232	0,232
4	2006	102,5	-7,890	6,225	-0,183	0,183
5	2007	71,5	-38,890	151,243	-0,904	0,904
6	2008	220,0	109,610	1201,435	2,547	2,547
7	2009	83,0	-27,390	75,021	-0,636	0,636
8	2010	156,5	46,110	212,613	1,071	1,071
9	2011	93,5	-16,890	28,527	-0,392	0,392
10	2012	111,5	1,110	0,123	0,026	0,026
Σ		1103,9		1851,989		
Ȳ		110,4				

Sumber: Hasil Perhitungan

## 2. Analisa Curah Hujan Rancangan

Pada studi ini curah hujan rancangan dicari dengan menggunakan metode Log Pearson Tipe III dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data. Kala ulang yang digunakan antara lain 2 th, 5 th, dan 10 th.

Langkah-langkah perhitungan untuk mencari curah hujan rancangan Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut:

1. Mengubah data curah hujan harian maksimum dalam bentuk logaritma.
2. Mencari nilai rerata curah hujan dalam logaritma dari data Tabel 4.31 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rerata Log X} &= \frac{1}{9} (\text{Log } 71,5 + \text{Log } 75 + \text{Log } 83 + \text{Log } 90 + \text{Log } 93,5 + \text{Log } 100,4 + \text{Log } \\ &\quad 102,5 + \text{Log } 111,5 + \text{Log } 156,5) \\ &= 1,981 \end{aligned}$$

3. Menghitung besar simpangan baku (Sd) dengan memasukkan harga  $(\text{Log } X_i - \text{Log } X)^2$  yang terdapat pada Tabel 4.31 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Sd = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X)^2}{n-1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{(0,0160+0,0111+0,0038+0,0007+0,0001+0,0004+0,0009+0,0044+0,0457+0,0832+0,0093)}{9-1}}$$

= 0,102, Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Dari data tersebut dilakukan perhitungan menggunakan metode Log Pearson Tipe III

untuk memperoleh nilai intensitas hujan dengan kala ulang yang diharapkan.

**Tabel 4.31 Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson Tipe III**

No	Tinggi Hujan (Xi)	Log Xi	(Log Xi - Log X)	(Log Xi - Log X) <sup>2</sup>	(Log Xi - Log X) <sup>3</sup>
1	71,50	1,854	-0,12655	0,01602	-0,0020269
2	75,00	1,875	-0,10580	0,01119	-0,0011843
3	83,00	1,919	-0,06178	0,00382	-0,0002358
4	90,00	1,954	-0,02662	0,00071	-0,0000189
5	93,50	1,971	-0,01005	0,00010	-0,0000010
6	100,40	2,002	0,02087	0,00044	0,0000091
7	102,50	2,011	0,02986	0,00089	0,0000266
8	111,50	2,047	0,06641	0,00441	0,0002929
9	156,50	2,195	0,21365	0,04565	0,0097528
Jumlah	883,90	17,83		0,08322	0,0066146
Rata-rata	98,21	1,981		0,00925	0,0007350
Standar Deviasi	0,102				
Skew (Cs)	1,002				

Sumber: Hasil Perhitungan

4. Menghitung besarnya Cs

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } Xi - \text{Log } X)^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$Cs = \frac{9 \times 0,0066146}{(9-1) \times (9-2) \times 0,102^3}$$

$$= 1,002$$

5. Menghitung besarnya curah hujan rancangan untuk kala ulang yang telah ditentukan dengan memasukkan harga rerata Log X mulai tahun 2003 sampai tahun 2012 sebesar 1,981, nilai G diperoleh dari tabel (untuk kala ulang 2 tahun dan Cs= 1,002, nilai G = 0,164) dan nilai Sd = 0,102.

$$\text{Log } X_t = \text{Log } X + (G \times Sd)$$

$$= 1,981 + (0,164 \times 0,102)$$

$$= 1,998$$

$$X_t = 99,446 \text{ mm}$$

**Tabel 4.32 Besarnya Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson Tipe III**

Kala Ulang (Tr)	Pr (%)	Cs	G (Tabel)	G*Si	Log Xt	Xt (mm)
2	50	1,002	0,164	0,017	1,998	99,446
5	20	1,002	0,758	0,077	2,058	114,333
10	10	1,002	1,340	0,137	2,118	131,079

Sumber: Hasil Perhitungan

### 3. Uji Kesesuaian Distribusi

Pengujian analisa curah hujan dilakukan dengan uji smirnov-kolmogorof dan uji chi-square untuk mengetahui kesesuaian dari analisa curah hujan terhadap simpangan data vertikal dari plotting data curah hujan.

#### - Uji Smirnov-Kolmogorof

Langkah-langkah perhitungan pengujian sebagai berikut (contoh perhitungan no. 1):

- Menghitung peluang empiris dengan memasukkan nomor data, mulai dari data terkecil sampai data terbesar.

$$Pe = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

$$= \frac{1}{9+1} \times 100\%$$

$$= 0,100$$

- Mencari nilai log dari data hujan harian maksimum

$$\text{Log } 71,5 = 1,854$$

- Menghitung nilai G

$$\text{Log } Xi = \text{Rerata Log } X + (G \times Sd)$$

$$G = \left( \frac{\text{Log } Xi - \text{Rerata Log } X}{Sd} \right)$$

$$= \left( \frac{1,854 - 1,981}{0,102} \right)$$

$$= -1,241$$

- Mencari harga Pr berdasarkan Tabel Distribusi Pearson Tipe III didapat Pr = 92,984%
- Menghitung selisih Sn(x) dan P(x)

$$\Delta = |Pe - Pt|$$

$$= |0,100 - 0,070|$$

$$= 0,030$$

- Mencari nilai  $\Delta_{kritis}$  kemudian dibandingkan dengan  $\Delta_{maks}$ . diperoleh  $\Delta_{kritis}$  untuk  $\alpha = 5\%$  adalah 0,432 dan  $\Delta_{maks}$  sebesar 0,135. Karena  $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$ , maka data dapat diterima. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.33 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorof**

No.	X (mm/hari)	Probabilitas Distribusi Empiris, Pe (%)	Log X	G	Pr (%)	Probabilitas Distribusi Teoritis, Pt (%)	$\Delta$
							Pe-Pt (%)
1	71,50	0,100	1,854	-1,241	92,984	0,070	0,030
2	75,00	0,200	1,875	-1,037	86,714	0,133	0,067
3	83,00	0,300	1,919	-0,606	72,729	0,273	0,027
4	90,00	0,400	1,954	-0,261	62,549	0,375	0,025
5	93,50	0,500	1,971	-0,099	57,752	0,422	0,078
6	100,40	0,600	2,002	0,205	47,947	0,521	0,079
7	102,50	0,700	2,011	0,293	43,495	0,565	0,135
8	111,50	0,800	2,047	0,651	25,396	0,746	0,054
9	156,50	0,900	2,195	2,095	3,793	0,962	0,062
Jumlah			17,828			$\Delta_{\max}$	0,135
Rerata			1,981				
Standar Deviasi			0,102				
Skew (Cs)			1,002				

Sumber: Hasil Perhitungan

Jumlah data = 9

Signifikansi ( $\alpha$ ) = 5%

$\Delta_{\text{kritis}}$  = 0,432

$\Delta_{\text{maksimum}}$  = 0,135

Kesimpulan =  $\Delta_{\text{maksimum}} < \Delta_{\text{kritis}}$ , maka distribusi diterima

#### - Uji Chi – Square

Pengujian ini digunakan untuk menguji kesesuaian vertikal dari data. Pengujian ini didasarkan pada perbedaan nilai ordinat teoritis dan ordinat empiris.

Langkah-langkah pengerjaan pengujian adalah sebagai berikut (contoh perhitungan no. 1):

- Menentukan banyak kelas dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Banyak kelas (K)} &= 1 + 3,22 \log n \\ &= 1 + 3,22 \log 9 \\ &= 4,073 \approx 4 \end{aligned}$$

- Menghitung batas kelas dengan sebaran peluang:  $\frac{100\%}{K} = \frac{100\%}{4} = 25\%$

- Menghitung nilai Xi dengan memasukkan nilai Sd = 0,102 dan Cs = 1,002 ke dalam persamaan berikut:

$$\text{Log Xi} = \text{Rerata Log X} + (G + Sd)$$

Dengan nilai G untuk P = 75% adalah -0,737, maka:

$$\text{Log } X_i = 1,981 + (-0,737 + 0,102)$$

$$= 1,906$$

$$X_i = 10^{1,906}$$

$$= 80,475$$

- Menghitung frekuensi yang diharapkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$F_t = 25\% \times n$$

$$= 0,25 \times 9$$

$$= 2,250$$

- Menghitung  $X^2$  hitung

$$X^2 \text{ hitung} = \sum_{i=1}^K \frac{(F_e - F_t)^2}{F_t}$$

$$= 0,334$$

Perhitungan selengkapnya dapat disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 4.34 Perhitungan Uji Chi-Square**

No.	Batas Kelas	Nilai yang Diharapkan	Nilai yang Diamati	Fe - Ft	$\frac{(F_e - F_t)^2}{F_t}$
		(Ft)	(Fe)		
1	0 – 80,475	2,250	2	-0,250	0,028
2	80,475 – 92,073	2,250	2	-0,250	0,028
3	92,073 – 110,274	2,250	3	0,750	0,250
4	110,274 - ∞	2,250	2	-0,250	0,028
Jumlah		9	9		0,334

Sumber: Hasil Perhitungan

Sehingga diperoleh:

- $X^2$  hitung = 0,334

- Dari Tabel Chi – Square didapatkan  $X^2$  kritis = 3,841 untuk dk = 1 dan  $\alpha = 5\%$ . Nilai  $X^2$  hitung <  $X^2$  kritis maka dapat diambil kesimpulan pengujian diterima.

#### 4. Intensitas Hujan

Sebagai data input untuk menghitung debit limpasan atap dibutuhkan besar intensitas hujan masing-masing kala ulang yang disimulasikan. Pada perhitungan intensitas hujan digunakan rumus Mononobe, dengan rata-rata hujan berdasarkan analisa data hujan di stasiun pengairan adalah 4 jam (Bagus, 2013:68).

Contoh perhitungan intensitas hujan kala ulang 2 tahun sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

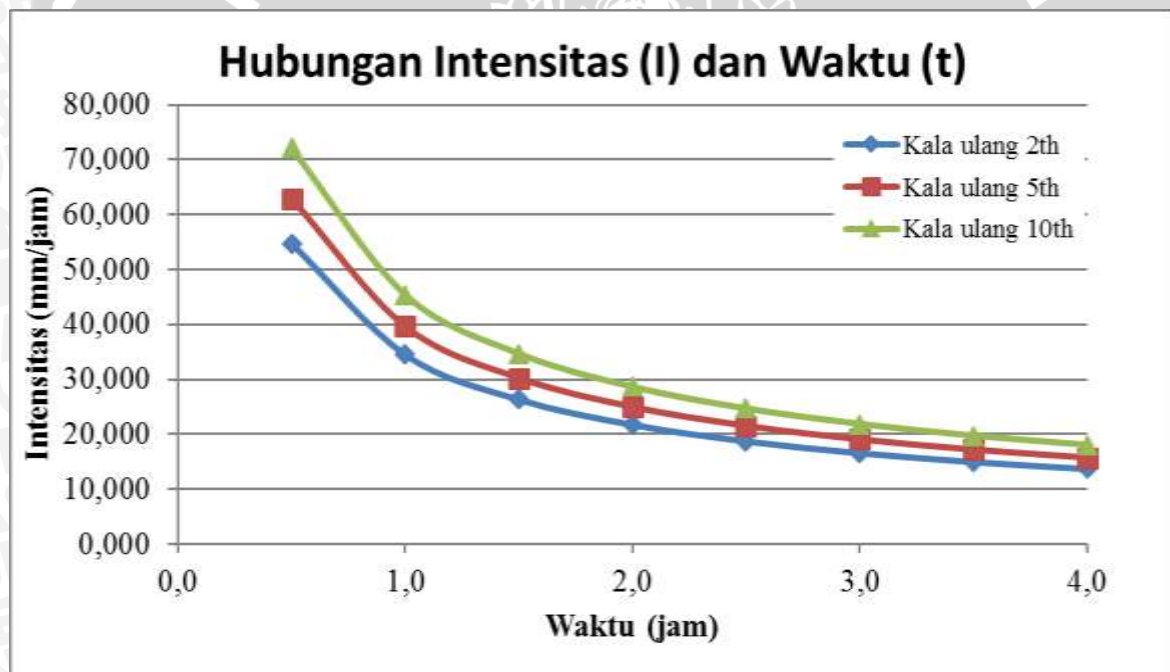
$$= \frac{99,446}{24} \left( \frac{24}{0,5} \right)^{2/3} = 54,727 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan selengkapnya disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 4.35 Perhitungan Intensitas Hujan**

Periode Ulang	Intensitas (I)		
	2th	5th	10th
R (mm)	99,446	114,333	131,079
T	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)
0,5	54,727	62,920	72,136
1,0	34,476	39,637	45,443
1,5	26,310	30,249	34,679
2,0	21,719	24,970	28,627
2,5	18,716	21,518	24,670
3,0	16,574	19,056	21,846
3,5	14,956	17,195	19,713
4,0	13,682	15,730	18,034

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.8 Grafik Intensitas Hujan

Sumber: Hasil Perhitungan

### 5. Analisa Debit Limpasan Atap

Luas daerah pengaliran pada atap dianggap merupakan luas bidang atap itu sendiri, sehingga untuk perhitungan luas daerah pengaliran dihitung berdasarkan luasan bidang-bidang permukaan atap. Atap gedung di Universitas Brawijaya sebagian besar berjenis joglo dimana terdiri atas dua bidang pembentuk atap yaitu trapesium dan segitiga. Dalam perhitungan debit limpasan atap ini menggunakan Metode Rasional.

Contoh perhitungan debit limpasan atap Gedung Rektorat dengan kala ulang 5 tahun sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$= \frac{99,446}{24} \left( \frac{24}{4} \right)^{2/3}$$

$$= 15,730 \text{ mm/jam}$$

$$C_{\text{Atap}} = 0,8$$

$$\text{Luas atap (A)} = 1176,361 \text{ m}^2$$

$$= 0,118 \text{ ha}$$

$$\text{Debit limpasan} = 0,00278 \times C_{\text{Atap}} \times I \times A$$

$$= 0,00278 \times 0,8 \times 15,730 \times 0,118$$

$$= 0,0041 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan selengkapnya disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 4.36 Debit Limpasan Atap**

No.	Fakultas	Nama Bangunan	Luas Atap		Debit		
			(m <sup>2</sup> )	(ha)	2th (m <sup>3</sup> /dt)	5th (m <sup>3</sup> /dt)	10th (m <sup>3</sup> /dt)
1	Kantor Pusat	Rektorat	1176,361	0,118	0,0036	0,0041	0,0047
		Rektorat baru (coridor)	545,077	0,055	0,0017	0,0019	0,0022
		Griya Brawijaya A	528,298	0,053	0,0016	0,0018	0,0021
		Griya Brawijaya B	581,044	0,058	0,0018	0,0020	0,0023
		Griya Brawijaya C	528,298	0,053	0,0016	0,0018	0,0021
		Griya Brawijaya D	528,298	0,053	0,0016	0,0018	0,0021
		Kantor Vokasi	326,689	0,033	0,0010	0,0011	0,0013
		Perpustakaan (D)	3242,239	0,324	0,0099	0,0113	0,0130
		Perpustakaan Baru	1297,464	0,130	0,0039	0,0045	0,0052
		Widya Loka	829,360	0,083	0,0025	0,0029	0,0033
		MRP	3910,636	0,391	0,0119	0,0137	0,0157
		GOR Pertamina	3254,238	0,325	0,0099	0,0114	0,0131
		Rumah Pintar	294,342	0,029	0,0009	0,0010	0,0012
		Samantha Krida	3910,636	0,391	0,0119	0,0137	0,0157
		Kantin belakang samantha krida	528,471	0,053	0,0016	0,0018	0,0021
Gedung Kuliah bersama	1297,464	0,130	0,0039	0,0045	0,0052		
Unitas 3	324,402	0,032	0,0010	0,0011	0,0013		
2	FTP	Lab. Uji Nutrisi	598,650	0,060	0,0018	0,0021	0,0024
		Kantor FTP	1775,996	0,178	0,0054	0,0062	0,0071
		Gedung FTP	382,875	0,038	0,0012	0,0013	0,0015
		FTP (poltek)	1534,342	0,153	0,0047	0,0054	0,0062
3	FT	Gedung Kuliah Teknik Elektro	1229,327	0,123	0,0037	0,0043	0,0049



No.	Fakultas	Nama Bangunan	Luas Atap		Debit		
			(m <sup>2</sup> )	(ha)	2th	5th	10th
					(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)
3	FT	Gedung Teknik Mesin III (Q)	1388,173	0,139	0,0042	0,0049	0,0056
		Gedung Lab. Elektro II (N)	886,040	0,089	0,0027	0,0031	0,0036
		Gedung Teknik Elektro I (R)	1166,093	0,117	0,0035	0,0041	0,0047
		Gedung Teknik Mesin I (P)	1703,887	0,170	0,0052	0,0060	0,0068
		Gedung Teknik Mesin II (O)	1342,906	0,134	0,0041	0,0047	0,0054
		Gedung Teknik Industri	1076,685	0,108	0,0033	0,0038	0,0043
4	FPT	Gedung 1 Peternakan (B)	823,439	0,082	0,0025	0,0029	0,0033
		Gedung III	838,235	0,084	0,0026	0,0029	0,0034
		Gedung IV	1312,484	0,131	0,0040	0,0046	0,0053
5	FPIK	Gedung D Fakultas Perikanan	842,208	0,084	0,0026	0,0029	0,0034
		Gedung G Lab. Workshop Perikanan	190,388	0,019	0,0006	0,0007	0,0008
		Gedung Kantor Perikanan (A)	752,538	0,075	0,0023	0,0026	0,0030
		Gedung Lab. Biokimia dan Makanan Ikan (E)	182,194	0,018	0,0006	0,0006	0,0007
		Lab. Reproduksi dan Breeding	181,660	0,018	0,0006	0,0006	0,0007
6	FP	Gedung Budidaya Pertanian (C)	882,503	0,088	0,0027	0,0031	0,0035
		Gedung Ilmu Tanah (D)	805,033	0,081	0,0024	0,0028	0,0032
		Gedung Kantor Fakultas Pertanian (A)	800,704	0,080	0,0024	0,0028	0,0032
		Gedung Sosek (E)	786,256	0,079	0,0024	0,0028	0,0032
		Unitas	280,964	0,028	0,0009	0,0010	0,0011
		Pasca Sarjana	216,499	0,022	0,0007	0,0008	0,0009
		Laboratorium HPT (B)	795,791	0,080	0,0024	0,0028	0,0032
7	FMIPA	Gedung Biomolekuler (G)	826,289	0,083	0,0025	0,0029	0,0033
		Gedung Graha Saintha (Matematika) (F)	1341,201	0,134	0,0041	0,0047	0,0054
		Gedung Kimia (D)	852,478	0,085	0,0026	0,0030	0,0034
		Gedung Kimia II (E)	858,475	0,086	0,0026	0,0030	0,0034
		Gedung Lab. Fisika - R. Kuliah	711,977	0,071	0,0022	0,0025	0,0029
		Kantor MIPA (A)	2233,513	0,223	0,0068	0,0078	0,0090
		Lab. Biologi (B)	799,841	0,080	0,0024	0,0028	0,0032
8	FK	Gedung Kantor Fakultas Kedokteran (A)	1906,916	0,191	0,0058	0,0067	0,0076
		Graha Medika (C)	1168,219	0,117	0,0036	0,0041	0,0047
		Lab. Anatomi dan Histologi (F)	956,176	0,096	0,0029	0,0033	0,0038
		Lab. Biomedik (G)	794,405	0,079	0,0024	0,0028	0,0032
		Laboratorium Faal dan Ruang Kuliah (B)	845,886	0,085	0,0026	0,0030	0,0034
9	FIB	Gedung PPI (G)	1663,736	0,166	0,0051	0,0058	0,0067
10	FH	Gedung Fakultas Hukum (A)	1106,451	0,111	0,0034	0,0039	0,0044

No.	Fakultas	Nama Bangunan	Luas Atap		Debit		
			(m <sup>2</sup> )	(ha)	2th (m <sup>3</sup> /dt)	5th (m <sup>3</sup> /dt)	10th (m <sup>3</sup> /dt)
10	FH	Pasca Sarjana	724,745	0,072	0,0022	0,0025	0,0029
		Gedung Ruang Kuliah (B)	1154,637	0,115	0,0035	0,0040	0,0046
11	FE	Pasca Sarjana	1123,613	0,112	0,0034	0,0039	0,0045
		Gedung Ekonomi (D)	1076,685	0,108	0,0033	0,0038	0,0043
		Gedung Ekonomi (A)	577,664	0,058	0,0018	0,0020	0,0023
		Gedung Kantor FE	1229,429	0,123	0,0037	0,0043	0,0049
		Gedung Kuliah E	930,512	0,093	0,0028	0,0033	0,0037
		Gedung Pasca lama	1076,685	0,108	0,0033	0,0038	0,0043
		Unitas dan Garasi (H)	235,413	0,024	0,0007	0,0008	0,0009
Jumlah			70074,130	7,007	0,213	0,245	0,281

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan debit sebesar 0,245 m<sup>3</sup>/dt (debit kala ulang 5th) sebagai dasar pembuatan tampungan *rainwater harvesting* maupun sumur resapan dan biopori sebagai imbuhan airtanah. Pemilihan debit kala ulang 5th sebagai potensi air hujan adalah agar mendapatkan dimensi bangunan penampung air hujan yang optimum.

#### 6. Analisa Dimensi Tampungan *Rainwater Harvesting*

Pada penelitian ini, model tampungan yang direncanakan berbentuk persegi dengan kedalaman (H) dan luas alasnya (L). Dalam penentuan dimensi luas dan kedalaman tampungan terdapat beberapa faktor yang berpengaruh, faktor-faktor tersebut antara lain adalah besarnya debit limpasan atap selama 4 jam (hujan dominan di UB) dan luas ketersediaan lahan di masing-masing gedung.

Penentuan dimensi tampungan yang sesuai didapatkan berdasarkan simulasi coba ralat dengan mengubah variabel luasan dan kedalaman. Adapun contoh perhitungan dimensi debit limpasan atap Gedung Rektorat dengan kala ulang 5 tahun adalah sebagai berikut:

##### - Gedung Rektorat

$$\text{Luas atap} = 1176,361 \text{ m}^2$$

$$= 0,118 \text{ ha}$$

$$\text{Debit limpasan} = 0,0041 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Volume limpasan atap selama 4 jam}$$

$$V_1 = Q \times t$$

$$= 0,0041 \times 14400$$

$$= 59,261 \text{ m}^3$$

- **Gedung Rektorat Baru (Koridor)**

$$\text{Luas atap} = 545,077 \text{ m}^2$$

$$= 0,055 \text{ ha}$$

$$\text{Debit limpasan} = 0,0019 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Volume limpasan atap selama 4 jam}$$

$$V_2 = Q \times t$$

$$= 0,0019 \times 14400$$

$$= 27,459 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total limpasan atap tektorat}$$

$$V_{\text{Rektorat}} = V_1 + V_2$$

$$= 59,261 + 27,459$$

$$= 86,720 \text{ m}^3$$

**Volume Rencana Tampungannya *Rainwater Harvesting* Gedung Rektorat Berdasarkan Lahan yang Tersedia**

$$V_{rh} = p \times l \times t$$

$$= 4 \times 4 \times 4$$

$$= 64 \text{ m}^3$$

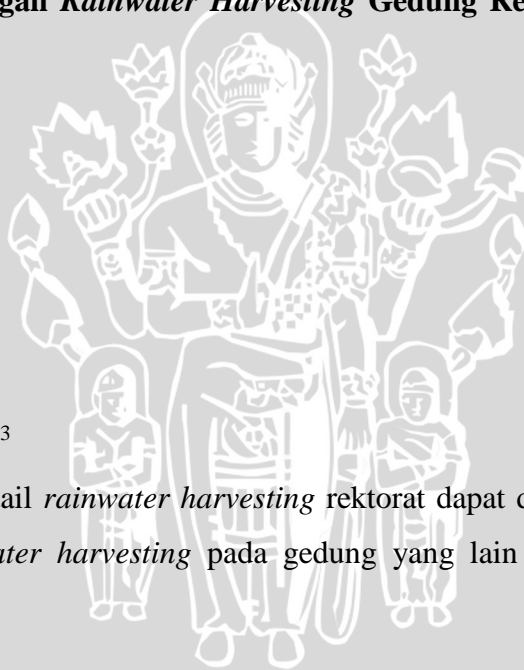
$$\text{Volume sisa limpasan}$$

$$V_s = V_{\text{rektorat}} - V_{rh}$$

$$= 86,720 - 64,000$$

$$= 22,720 \text{ m}^3 \approx 23 \text{ m}^3$$

Denah lokasi dan skema detail *rainwater harvesting* rektorat dapat dilihat pada lampiran. Adapun perhitungan *rainwater harvesting* pada gedung yang lain disajikan pada tabel berikut:



Tabel 4.37 Perhitungan Dimensi *Rainwater Harvesting*

No.	Fakultas	Nama Bangunan	Luas Atap		Debit 5th ( $m^3/dt$ )	Volume Limpasan $m^3$	Volume Kumulatif $m^3$	Volume Rain $m^3$	Dimensi p x l x t m	Sisa Limpasan $m^3$	
			( $m^2$ )	(m)							
1	Kantor Pusat	Rektorat	1176.361	0.118	0.00412	59.261	86.720	64.000	4 x 4 x 4	22.720	
		Rektorat baru (candidat)	545.077	0.055	0.00191	27.459					
		Griya Brawijaya A	528.298	0.053	0.00185	26.614	55.884	56.000	4 x 3,5 x 4	-0.116	
		Griya Brawijaya B	581.044	0.058	0.00203	29.271	53.227	56.000	4 x 3,5 x 4	-2.773	
		Griya Brawijaya C	528.298	0.053	0.00185	26.614					
		Griya Brawijaya D	528.298	0.053	0.00185	26.614	16.457	16.457	16.800	2,1 x 2 x 4	-0.343
		Kantor Vokasi	326.689	0.033	0.00114	16.457	228.693	72.000	4,5 x 4 x 4	156.693	
		Perpustakaan (D)	3242.239	0.324	0.01134	163.332					
		Perpustakaan Baru	1297.464	0.130	0.00454	65.361	41.780	41.780	42.000	3,5 x 3 x 4	-0.220
		Widya Loka	829.360	0.083	0.00290	41.780					
		MRP	3910.636	0.391	0.01368	197.003	197.003	36.000	3 x 3 x 4	161.003	
		GOR Pertamina	3254.238	0.325	0.01138	163.936	163.936	100.000	5 x 5 x 4	63.936	
		Rumah Pintar	294.342	0.029	0.00103	14.828	14.828	16.000	2 x 2 x 4	-1.172	
		Samantha Krida	3910.636	0.391	0.01368	197.003	197.003	36.000	3 x 3 x 4	161.003	
		Kantin belakang samantha krida	528.471	0.053	0.00185	26.622	26.622	30.000	3 x 2,5 x 4	-3.378	
		Gedung Kuliah bersama	1297.464	0.130	0.00454	65.361	65.361	42.000	3,5 x 3 x 4	23.361	
Unitas 3	324.402	0.032	0.00113	16.342	16.342	16.800	2,1 x 2 x 4	-0.458			
2	FTP	Lab. Up Nutrisi	598.650	0.060	0.00209	30.158	30.158	0.000	-	30.158	
		Kantor FTP	1775.996	0.178	0.00621	89.468	89.468	36.000	3 x 3 x 4	53.468	
		Gedung FTP	382.875	0.038	0.00134	19.288	19.288	20.000	2,5 x 2 x 4	-0.712	
		FTP (poltek)	1534.342	0.153	0.00537	77.294	77.294	36.000	3 x 3 x 4	41.294	
3	FT	Gedung Kuliah Teknik Elektro (S)	1229.327	0.123	0.00430	61.929	61.929	24.000	3 x 2 x 4	37.929	
		Gedung Teknik Mesin III (Q)	1388.173	0.139	0.00486	69.931	69.931	24.000	3 x 2 x 4	45.931	
		Gedung Lab. Elektro II (N)	886.040	0.089	0.00310	44.635	44.635	24.000	3 x 2 x 4	20.635	
		Gedung Teknik Elektro I (R)	1166.093	0.117	0.00408	58.743	58.743	16.000	2 x 2 x 4	42.743	
		Gedung Teknik Mesin I (P)	1703.887	0.170	0.00596	85.835	85.835	42.000	3,5 x 3 x 4	43.835	
		Gedung Teknik Mesin II (O)	1342.906	0.134	0.00470	67.651	67.651	32.000	4 x 2 x 4	35.651	
		Gedung Teknik Industri	1076.685	0.108	0.00377	54.239	54.239	32.000	4 x 2 x 4	22.239	
4	FPT	Gedung 1 Peternakan (B)	823.439	0.082	0.00288	41.482	41.482	32.000	2 x 2 x 4 (2 buah)	9.482	
		Gedung III	838.235	0.084	0.00293	42.227	42.227	36.000	3 x 3 x 4	6.227	
		Gedung IV	1312.484	0.131	0.00459	66.118	66.118	24.000	3 x 2 x 4	42.118	

No.	Fakultas	Nama Bangunan	Luas Atap		Debit 5th (m <sup>3</sup> /dt)	Volume Limpasan m <sup>3</sup>	Volume Kombustif m <sup>3</sup>	Volume Rain m <sup>3</sup>	Dimensi p x l x t m	Sisa Limpasan m <sup>3</sup>
			(m <sup>2</sup> )	(lm)						
5	FPIK	Gedung D Fakultas Perikanan	842.208	0.084	0.00295	42.427	42.427	36.000	3 x 2 x 4	6.427
		Gedung G Lab. Workshop Perikanan	190.388	0.019	0.00067	9.591	9.591	10.400	2 x 1,3 x 4	-0.809
		Gedung Kantor Perikanan (A)	752.538	0.075	0.00263	37.910	37.910	38.400	3,2 x 3 x 4	-0.490
		Gedung Lab. Biokimia dan Makanan Ikan (E)	182.194	0.018	0.00064	9.178	9.178	10.400	2 x 1,3 x 4	-1.222
		Lab. Reproduksi dan Breeding	181.660	0.018	0.00064	9.151	9.151	10.400	2 x 1,3 x 4	-1.249
6	FP	Gedung Budidaya Pertanian (C)	882.503	0.088	0.00309	44.457	44.457	32.000	2 x 2 x 4 (2 buah)	12.457
		Gedung Ilmu Tanah (D)	805.033	0.081	0.00282	40.555	40.555	32.000	2 x 2 x 4 (2 buah)	8.555
		Gedung Kantor Fakultas Pertanian (A)	800.704	0.080	0.00280	40.336	40.336	24.000	3 x 2 x 4	16.336
		Gedung Sosek (E)	786.256	0.079	0.00275	39.609	39.609	32.000	2 x 2 x 4 (2 buah)	7.609
		Unitas	280.964	0.028	0.00098	14.154	14.154	16.000	2 x 2 x 4	-1.846
		Pasca Sarjana	216.499	0.022	0.00076	10.906	10.906	12.000	2 x 1,5 x 4	-1.094
		Laboratorium HPT (B)	795.791	0.080	0.00278	40.089	40.089	32.000	2 x 2 x 4 (2 buah)	8.089
7	FMIPA	Gedung Biomolekuler (G)	826.289	0.083	0.00289	41.625	41.625	42.000	3,5 x 3 x 4	-0.375
		Gedung Graha Sainia (Matematika) (F)	1341.201	0.134	0.00469	67.565	67.565	60.000	5 x 3 x 4	7.565
		Gedung Kimia (D)	852.478	0.085	0.00298	42.945	42.945	32.000	2 x 2 x 4 (2 buah)	10.945
		Gedung Kimia II (E)	858.475	0.086	0.00300	43.247	43.247	32.000	2 x 2 x 4 (2 buah)	11.247
		Gedung Lab. Fisika - R. Kuliah (C)	711.977	0.071	0.00249	35.867	35.867	32.000	2 x 2 x 4 (2 buah)	3.867
		Kantor MIPA (A)	2233.513	0.223	0.00781	112.516	112.516	36.000	3 x 3 x 4	76.516
		Lab. Biologi (B)	799.841	0.080	0.00280	40.293	40.293	32.000	2 x 2 x 4 (2 buah)	8.293
8	FK	Gedung Kantor Fakultas Kedokteran (A)	1906.916	0.191	0.00667	96.063	96.063	36.000	3 x 3 x 4	60.063
		Graha Medika (C)	1168.219	0.117	0.00409	58.850	58.850	36.000	3 x 3 x 4	22.850
		Lab. Anatomi dan Histologi (F)	956.176	0.096	0.00335	48.169	48.169	49.600	4 x 3,1 x 4	-1.431
		Lab. Biomedik (G)	794.405	0.079	0.00278	40.019	40.019	24.000	3 x 2 x 4	16.019
		Laboratorium Faal dan Ruang Kuliah (B)	845.886	0.085	0.00296	42.613	42.613	43.400	3,5 x 3,1 x 4	-0.787
9	FIB	Gedung PPI (G)	1663.736	0.166	0.00582	83.813	83.813	36.000	3 x 3 x 4	47.813
10	FH	Gedung Fakultas Hukum (A)	1106.451	0.111	0.00387	55.739	55.739	36.000	3 x 3 x 4	19.739
		Pasca Sarjana	724.745	0.072	0.00254	36.510	36.510	37.200	3,1 x 3 x 4	-0.690
		Gedung Ruang Kuliah (B)	1154.637	0.115	0.00404	58.166	58.166	36.000	3 x 3 x 4	22.166

No.	Fakultas	Nama Bangunan	Luas Atap		Debit 5th (m <sup>3</sup> /dt)	Volume Limpasan m <sup>3</sup>	Volume Kombatif m <sup>3</sup>	Volume Rain m <sup>3</sup>	Dimensi p x l x t m	Sisa Limpasan m <sup>3</sup>
			(m <sup>2</sup> )	(km)						
11	HE	Pasca Sarjana	1123.613	0.112	0.00393	56.603	56.603	57.600	4 x 3,6 x 4	-0.997
		Gedung Ekonomi (D)	1076.685	0.108	0.00377	54.239	54.239	56.000	4 x 3,5 x 4	-1.761
		Gedung Ekonomi (A)	577.664	0.058	0.00202	29.101	29.101	30.000	3 x 2,5 x 4	-0.899
		<b>Gedung Kantor Fakultas Ekonomi</b>	<b>1229.429</b>	<b>0.123</b>	<b>0.00430</b>	<b>61.934</b>	<b>61.934</b>	<b>56.000</b>	<b>4 x 3,5 x 4</b>	<b>5.934</b>
		Gedung Kuliah E	930.512	0.093	0.00326	46.876	46.876	49.000	3,5 x 3,5 x 4	-2.124
		<b>Gedung Pasca lama</b>	<b>1076.685</b>	<b>0.108</b>	<b>0.00377</b>	<b>54.239</b>	<b>54.239</b>	<b>36.000</b>	<b>3 x 3 x 4</b>	<b>18.239</b>
		Unitas dan Garasi (H)	235.413	0.024	0.00082	11.859	11.859	12.000	2 x 1,5 x 4	-0.141
<b>Jumlah</b>			<b>70074.130</b>	<b>7.007</b>	<b>0.245</b>	<b>3530.071</b>	<b>2144.000</b>		<b>1386.071</b>	

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa volume air hujan yang jatuh dan melimpas di atap sebesar 3530,071 m<sup>3</sup>, sedangkan volume air limpasan atap yang tertampung pada *rainwater harvesting* sebesar 2144 m<sup>3</sup> sehingga masih terdapat sisa air limpasan atap yang tidak tertampung sebesar 1386,071 m<sup>3</sup>. Adapun sisa air tersebut digunakan sebagai dasar pembuatan sumur resapan sebagai upaya konservasi airtanah.

## 7. Perhitungan Sumur Resapan

Konsep awal sumur resapan adalah sebagai pengganti tanah peresapan air hujan yang mengalami perkerasan yang menyebabkan air hujan yang jatuh tidak dapat langsung meresap ke dalam tanah. Pada studi ini, sumur resapan berfungsi untuk meresapkan luapan atau sisa limpasan atap yang tidak tertampung dalam *rainwater harvesting*. Adapun langkah-langkah perhitungan jumlah sumur resapan yang dibutuhkan berdasarkan SNI no. 03-2453-2002 adalah sebagai berikut:

Contoh perhitungan di Gedung Rektorat:

-Volume Andil Banjir

Volume andil banjir dalam penelitian ini merupakan volume sisa air limpasan atap yang tidak tertampung dalam *rainwater harvesting*.

$$V_{ab} = 22,720 \text{ m}^3$$

-Perhitungan waktu volume air limpasan atap yang meresap

Rumus yang digunakan :

$$\begin{aligned} t_e &= 0,9 R^{0,92}/60 \\ &= 0,9 (114,333)^{0,92}/60 \\ &= 1,174 \text{ jam} \end{aligned}$$

-Untuk perhitungan volume air limpasan atap yang meresap, terlebih dahulu ditentukan dimensi sumur resapan yang akan dibuat. Dalam penelitian ini menggunakan sumur resapan berpenampang lingkaran dengan diameter sumur ( $D_{\text{sumur}}$ ) dan kedalaman sumur ( $H_{\text{rencana}}$ ) yaitu:

$$D = 1 \text{ m}$$

$$H_{\text{rencana}} = 3 \text{ m}$$

-Untuk  $A_{\text{total}}$  sumur didapat dari penjumlahan luas dinding sumur ( $A_v$ ) dan luas alas sumur ( $A_h$ ) yaitu:

$$\begin{aligned} A_{\text{total}} \text{ sumur} &= \text{Luas dinding} + \text{Luas Alas} \\ &= (3,14 \times D \times H) + (0,25 \times 3,14 \times D^2) \\ &= 9,420 + 0,785 \\ &= 10,205 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

-Nilai permeabilitas tanah diambil dari data sekunder di Universitas Brawijaya, yaitu sebesar  $K = 0,677 \text{ m/hari}$  (Eko, 2013:92)

-Menghitung volume air limpasan atap yang meresap, dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} V_{\text{resapan}} &= (te/24) \times A_{\text{total}} \times K \\ &= (1,174/24) \times 10,205 \times 0,677 \\ &= 0,338 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

-Menghitung volume penampungan pada sumur (kapasitas sumur) digunakan rumus:

$$\begin{aligned} V_{\text{storasi}} &= V_{\text{ab}} - V_{\text{rsp}} \\ &= 22,720 - 0,338 \\ &= 22,382 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

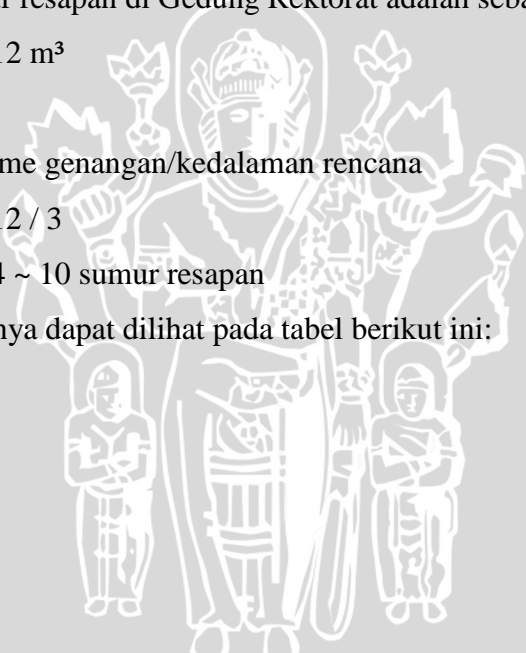
-Perhitungan  $H_{\text{total}}$  dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= V_{\text{storasi}} / Ah \\ &= 22,382 / 0,785 \\ &= 28,512 \text{ m} \end{aligned}$$

-Untuk perhitungan jumlah sumur resapan di Gedung Rektorat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume genangan} &= 28,512 \text{ m}^3 \\ \text{Kedalaman rencana} &= 3 \text{ m} \\ n \text{ (total)} &= \text{Volume genangan/kedalaman rencana} \\ &= 28,512 / 3 \\ &= 9,504 \sim 10 \text{ sumur resapan} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut ini:





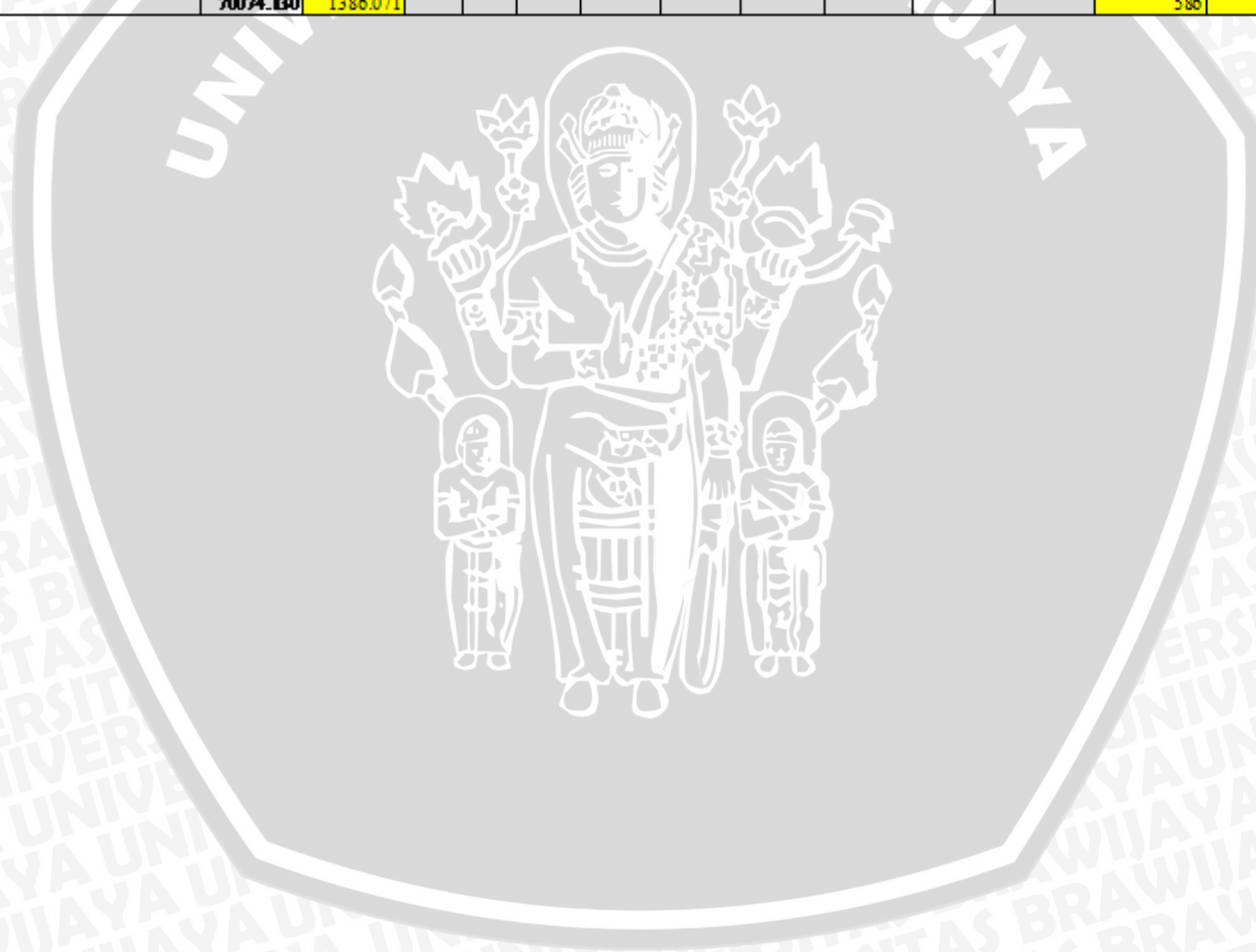
Tabel 4.38 Perhitungan Sumur Resapan

No.	Fasilitas	Nama Bangunan	Luas Atap	Vab	D	H	Av	Ah	Ahtal	K	Vresapan	Vtoreasi	Ehtal	n	n <sub>sumur</sub>	Vresapan	Vtoreasi
			(m <sup>2</sup> )														
1	Kantor Pusat	Ekskruit	1176.361	22.720	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	22.382	28.512	10	2	4.710	18.010
		Ekskruit baru (curtidor)	545.077														
		Griya Brawijaya A	528.298														
		Griya Brawijaya B	581.044														
		Griya Brawijaya C	528.298														
		Griya Brawijaya D	528.298														
		Kantor Vokasi	326.689														
		Reputalasan (D)	3242.239														
		Reputalasan Baru	1297.464														
		Widya Loka	829.360														
		MKP	3910.686														
		GOR Pertamina	3254.238														
		Rumah Pintar	294.342														
		Samantha Krida	3910.686														
		Kantin belakang samantha krida	528.471														
Gedung Krlsh besaman	1297.464																
Unitas 3	324.402																
2	FTP	Lab. Uji Nutrisi	598.650	30.158	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	29.820	37.987	13	1	2.355	27.803
		Kantor FTP	1775.996														
		Gedung FTP	382.875														
		FTP (pabrik)	1534.342														
3	FT	Gedung Krlsh Teknik Elektron (S)	1229.327	37.929	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	37.591	47.887	16	2	4.710	33.219
		Gedung Teknik Mesin III (U)	1388.173														
		Gedung Lab. Elektron II (N)	886.040														
		Gedung Teknik Elektron I (K)	1166.093														
		Gedung Teknik Mesin I (B)	1703.887														
		Gedung Teknik Mesin II (J)	1342.906														
		Gedung Teknik Industri	1076.085														
4	FFT	Gedung I Peternakan (B)	823.439	9.482	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	9.144	11.649	4	2	4.710	4.772
		Gedung III	838.235														
		Gedung IV	1312.484														

No.	Fakultas	Nama Bangunan	Luas Atap	Vab	D	H	$A_r$	$A_b$	$A_{total}$	K	Vesegan	Vokulasi	Htotal	$n$	Daerah	Vencana	Vana LRB
			( $m^2$ )	$m^2$	m	m	$m^2$	$m^2$	$m^2$	m/tanah	$m^2$	$m^2$	$m^2$	m			$m^2$
5	FHK	Gedung D Fakultas Perikanan	842.208	6.427	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.000	6.427	8.188	3	2	4.710	1.717
		Gedung G Lab. Workshop Perikanan	190.388	-0.809	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.809
		Gedung Kantor Perikanan (A)	752.538	-0.490	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.490
		Gedung Lab. Biokimia dan Makanan Ikan (E)	182.194	-1.222	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.222
		Lab. Reproduksi dan Breeding	181.660	-1.249	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.249
6	FP	Gedung Binifitya Pertanian (C)	882.503	12.457	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	3.583	8.874	11.304	4	2	4.710	7.247
		Gedung Ilmu Tanah (D)	805.033	8.555	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.000	8.555	10.897	4	2	4.710	3.845
		Gedung Kantor Fakultas Pertanian (A)	800.704	16.336	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	15.999	20.381	7	2	4.710	11.626
		Gedung Satek (B)	786.256	7.609	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	7.271	9.262	3	2	4.710	2.899
		Unitas	280.964	-1.846	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.846
		Pasca Sarjana	216.499	-1.094	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.094
		Laboratorium HPT (E)	795.791	8.089	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	7.751	9.874	3	2	4.710	3.379
7	FMIPA	Gedung Biomolekuler (G)	826.289	-0.375	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.375
		Gedung Graha Sains (Matematika) (F)	1341.201	7.565	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	7.227	9.206	3	2	4.710	2.855
		Gedung Kimia (D)	852.478	10.945	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.000	10.945	13.942	5	0	0.000	10.945
		Gedung Kimia II (E)	858.475	11.247	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.000	11.247	14.327	5	0	0.000	11.247
		Gedung Lab. Mikra - R. Kuliah (C)	711.977	3.867	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	3.529	4.496	1	2	4.710	-0.843
		Kantor MIPA (A)	2233.513	76.516	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	76.178	97.042	32	2	4.710	71.806
8	FK	Lab. Biologi (B)	799.841	8.293	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	7.955	10.134	3	2	4.710	3.583
		Gedung Kantor Fakultas Kedokteran (A)	1906.916	60.063	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	59.726	76.084	25	1	2.355	57.708
		Graha Medika (C)	1168.219	22.850	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	22.513	28.679	10	2	4.710	18.140
		Lab. Anatomi dan Histologi (F)	956.176	-1.431	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.431
		Lab. Histomorfik (G)	794.405	16.019	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.000	16.019	20.407	7	1	2.355	13.664
9	FIB	Laboratorium Faal dan Ruang Kuliah (B)	845.886	-0.787	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.787
		Gedung IBI (G)	1663.736	47.813	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	47.475	60.478	20	2	4.710	43.103
10	FII	Gedung Fakultas Hukum (A)	1106.451	19.739	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.000	19.739	25.145	8	1	2.355	17.384
		Pasca Sarjana	724.745	-0.690	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.690
		Gedung Ruang Kuliah (B)	1154.637	22.166	1	3	9.420	0.785	10.205	0.677	0.338	21.829	27.807	9	2	4.710	17.456

No.	Fakultas	Nama Bangunan	Luas Atap	V <sub>ab</sub>	D	H	A <sub>v</sub>	A <sub>b</sub>	A <sub>total</sub>	K	V <sub>respon</sub>	V <sub>transmisi</sub>	H <sub>total</sub>	n	n <sub>transmisi</sub>	V <sub>respon</sub>	V <sub>transmisi</sub>	
			[m <sup>2</sup> ]	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /Asasi	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>			m <sup>2</sup>		
11	EK	Pasca Sarjana	1123.613	-0.997	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.997	
		Gedung Ekonomi (D)	1076.685	-1.761	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.761	
		Gedung Ekonomi (A)	577.664	-0.899	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.899	
		<b>Gedung Kantor Fakultas Ekonomi</b>	<b>1229.429</b>	<b>5.934</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>9.420</b>	<b>0.785</b>	<b>10.205</b>	<b>0.677</b>	<b>0.338</b>	<b>5.596</b>	<b>7.129</b>	<b>7.129</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4.710</b>	<b>1.224</b>
		Gedung Kuliah E	930.512	-2.124	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-2.124	
		<b>Gedung Pusat Ilmu</b>	<b>1076.685</b>	<b>18.239</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>9.420</b>	<b>0.785</b>	<b>10.205</b>	<b>0.677</b>	<b>0.338</b>	<b>17.902</b>	<b>22.805</b>	<b>22.805</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>4.710</b>	<b>13.529</b>
		Unitas dan Garasi (H)	235.413	-0.141	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.141	
<b>Jumlah</b>			<b>70074.130</b>	<b>1386.071</b>									<b>586</b>	<b>67</b>	<b>157.785</b>	<b>1228.286</b>		

Sumber: Hasil Perhitungan



Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui jumlah sumur resapan yang dibutuhkan untuk menampung dan meresapkan volume sisa air limpasan atap sebanyak 586 buah. Namun berdasarkan ketersediaan lahan di masing-masing gedung, hanya dapat dibuat 1 atau 2 sumur resapan, sehingga total sumur resapan yang dapat dibuat di Universitas Brawijaya sebanyak 67 buah. Adapun perhitungan volume total sumur resapan dan volume sisa air limpasan atap setelah dibangunnya sumur resapan adalah sebagai berikut:

- Volume total sumur resapan

$$\begin{aligned} V_{\text{total sumur resapan}} &= \pi \cdot r^2 \cdot H \cdot n \\ &= 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 3 \cdot 67 \\ &= 157,785 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume sisa air limpasan atap yang tidak tertampung sumur resapan

$$\begin{aligned} V_{\text{sisa sumur resapan}} &= V_{\text{sisa rainwater harvesting}} - V_{\text{total sumur resapan}} \\ &= 1386,071 - 157,785 \\ &= 1228,286 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sebagai upaya konservasi airtanah dan memaksimalkan sisa limpasan atap yang tidak tertampung pada sumur resapan, maka dilakukan perencanaan lubang resapan biopori (LRB).

### 8. Perhitungan Lubang Resapan Biopori

Prinsip kerja dari LRB hampir sama dengan sumur resapan, Lubang resapan biopori (LRB) merupakan lubang berbentuk silindris yang dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam meresapkan air. Air tersebut meresap melalui biopori yang menembus permukaan dinding LRB ke dalam tanah di sekitar lubang. Dengan demikian, akan menambah cadangan air dalam tanah. Pada studi ini dimensi LRB berdiameter 10 cm dengan kedalaman 100 cm dari permukaan tanah.

Lokasi pembuatan LRB harus benar-benar diperhatikan. Walaupun diameternya cukup kecil bila dibandingkan sumur resapan, tetapi lokasi lubang tidak boleh dibuat di sembarang tempat. Selain memperhatikan estetika, LRB harus ditempatkan di lokasi yang dilalui aliran air serta tidak membahayakan bagi manusia. Lokasi LRB pada umumnya juga berada di sekitar batang pohon dan di batas taman.

Contoh perhitungan di Gedung Rektorat:

- Volume Andil Banjir

Volume andil banjir dalam penelitian ini merupakan volume sisa air limpasan atap yang tidak tertampung baik oleh *rainwater harvesting* maupun sumur resapan.

$$V_{\text{ab}} = 18,010 \text{ m}^3$$

- Perhitungan waktu volume air limpasan atap yang meresap

Rumus yang digunakan :

$$\begin{aligned} t_e &= 0,9 R^{0,92}/60 \\ &= 0,9 (114,333)^{0,92}/60 \\ &= 1,174 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Dalam penelitian ini menggunakan LRB berpenampang lingkaran dengan diameter (D) dan kedalaman ( $H_{rencana}$ ) yaitu:

$$D = 0,1 \text{ m}$$

$$H_{rencana} = 1 \text{ m}$$

- Untuk  $A_{total}$  didapat dari penjumlahan luas dinding ( $A_v$ ) dan luas alas ( $A_h$ ) yaitu:

$$\begin{aligned} A_{total} &= \text{Luas dinding} + \text{Luas Alas} \\ &= (3,14 \times D \times H) + (0,25 \times 3,14 \times D^2) \\ &= 0,314 + 0,0079 \\ &= 0,322 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Nilai permeabilitas tanah diambil dari data sekunder dengan nilai permeabilitas sebesar  $K = 0,677$  m/hari (Eko, 2013:92)

- Menghitung volume air hujan yang meresap, dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} V_{resapan} &= (t_e/24) \times A_{total} \times K \\ &= (1,174/24) \times 0,322 \times 0,677 \\ &= 0,011 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Menghitung volume penampungan pada LRB digunakan rumus:

$$\begin{aligned} V_{storasi} &= V_{ab} - V_{rsp} \\ &= 18,010 - 0,011 \\ &= 17,999 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Perhitungan  $H_{total}$  dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_{total} &= V_{storasi} / A_h \\ &= 17,999 / 0,0079 \\ &= 2292,856 \text{ m} \end{aligned}$$

- Untuk perhitungan jumlah LRB di Gedung Rektorat adalah sebagai berikut:

$$\text{Volume genangan} = 2292,856 \text{ m}^3$$

$$\text{Kedalaman rencana} = 1 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} n \text{ (total)} &= \text{Volume genangan} / \text{kedalaman rencana} \\ &= 2292,856 / 1 \\ &= 2292,856 \sim 2293 \text{ buah} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.39.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, diperkirakan terdapat LRB sebanyak 159724 buah yang harus dibuat di Universitas Brawijaya agar dapat menampung semua limpasan atap sisa dari *rainwater harvesting* dan sumur resapan. Namun berdasarkan ketersediaan dan kondisi lahan, maka LRB yang dapat dibuat bervariasi antara 10 sampai 150 buah di masing-masing gedung, sehingga total sumur yang dapat dibuat sebanyak 1854 buah. Adapun perhitungan volume total LRB dan volume sisa air hujan setelah dibangunnya LRB adalah sebagai berikut:

- Volume total LRB

$$\begin{aligned} V_{\text{tot LRB}} &= \pi \cdot r^2 \cdot H \cdot n \\ &= 3,14 \cdot 0,05^2 \cdot 1 \cdot 1854 \\ &= 14,554 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume sisa air hujan yang tidak tertampung LRB

$$\begin{aligned} V_{\text{sisa LRB}} &= V_{\text{sisa sumur resapan}} - V_{\text{total LRB}} \\ &= 1228,286 - 14,554 \\ &= 1213,733 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Besar volume total sisa limpasan atap yang dapat ditampung oleh LRB adalah = 14,554 m<sup>3</sup>, sedangkan sisa volume limpasan atap yang tidak tertampung sebesar 1213,733 m<sup>3</sup>. Selanjutnya sisa air tersebut dibiarkan mengalir menuju saluran drainase yang ada di Universitas Brawijaya secara alamiah (gravitasi).

Tabel 4.39 Perhitungan Lubang Resapan Biopori

No.	Pilihan	Nama Bangunan	Luas Atap	Volumen resapan	D	H	Av	Ah	Atotal	K	Vresapan	Vintrasi	Htotal	n	Densitas	Vresap. m <sup>3</sup>	Volumen LRB		
			(m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m			m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		
1	Kantor Pusat	Rektorat	1176.361	18.010	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	17.999	2292.856	2293	150	1.178	16.832		
		Rektorat baru (corridor)	545.077																
		Griya Brawijaya A	528.298	-0.116	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.116	0.000	0	0	0.000	-0.116	
		Griya Brawijaya B	581.044																
		Griya Brawijaya C	528.298	-2.773	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.773	0.000	0	0	0.000	-2.773	
		Griya Brawijaya D	528.298																
		Kantor Volaksi	326.689	-0.343	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.343	0.000	0	0	0.000	-0.343	
		Perpustakaan (D)	3242.230	151.983	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	151.973	19359.562	19360	140	1.099	150.884		
		Perpustakaan Baru	1297.464																
		Widya Loka	829.360	-0.220	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.220	
		MRP	3910.636	156.293	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	156.282	19908.598	19909	54	0.424	155.869		
		GOR Pertamina	3254.238	59.226	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	59.216	7543.393	7543	150	1.178	58.049		
		Rumah Pintar	294.342	-1.172	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.172	
		Samantha Krida	3910.636	156.293	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	156.282	19908.598	19909	0	0.000	156.293		
		Kantin belakang samantha krida	528.471	-3.378	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-3.378	
Gedung Kuliah bersama	1297.464	18.651	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	18.641	2374.616	2375	0	0.000	18.651				
Unitas 3	324.402	-0.458	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.458			
2	FTP	Lab. Uji Nutrisi	598.630	27.803	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	27.792	3540.393	3540	100	0.785	27.018		
		Kantor FTP	1775.996	51.113	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	51.102	6509.853	6510	0	0.000	51.113		
		Gedung FTP	382.875	-0.712	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.712	
		FTP (poltek)	1534.342	38.939	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	38.929	4959.073	4959	0	0.000	38.939		
3	FT	Gedung Kuliah Teknik Elektron (S)	1229.327	33.219	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	33.208	4230.347	4230	100	0.785	32.434		
		Gedung Teknik Mesin III (C)	1388.173	41.221	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	41.210	5249.716	5250	80	0.628	40.593		
		Gedung Lab. Elektron II (N)	886.040	15.925	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	15.915	2027.354	2027	100	0.785	15.140		
		Gedung Teknik Elektron I (K)	1166.093	38.033	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.000	38.033	4845.015	4845	10	0.079	37.955		
		Gedung Teknik Mesin I (P)	1703.887	39.125	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	39.115	4982.775	4983	53	0.416	38.709		
		Gedung Teknik Mesin II (U)	1342.906	30.941	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	30.930	3940.113	3940	42	0.330	30.611		
		Gedung Teknik Industri	1076.685	19.884	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	19.874	2531.682	2532	0	0.000	19.884		
4	EPT	Gedung I Peternakan (B)	823.439	4.772	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	4.761	606.510	607	45	0.353	4.419		
		Gedung III	838.235	1.517	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	1.506	191.908	192	45	0.353	1.164		
		Gedung IV	1312.488	37.408	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	37.397	4763.996	4764	70	0.550	36.859		

No	Fakultas	Nama Bangunan	Luas Atap	Volumen	D	H	Av	Ab	Atotal	K	Vresapan	Vturan	Htotal	n	t	Vresapan	Volumen LRB
			(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )													
5	FPIK	Gedung D Paklitas Perikanan	842.208	1.717	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	1.707	217.403	217	40	0.314	1.403
		Gedung G Lab. Workshop Perikanan	190.388	-0.809	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.809
		Gedung Kantor Perikanan (A)	752.538	-0.490	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.490
		Gedung Lab. Biokimia dan Makanan Ikan (E)	182.194	-1.222	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.222
		Lab. Reproduksi dan Breeding	181.660	-1.249	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.249
6	FP	Gedung Budidaya Pertanian (C)	882.508	7.747	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	7.737	985.544	986	40	0.314	7.433
		Gedung Ilmu Tanah (D)	805.033	3.845	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	3.834	488.390	488	40	0.314	3.531
		Gedung Kantor Paklitas Pertanian (A)	800.704	11.626	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	11.616	1479.722	1480	62	0.487	11.140
		Gedung Sonek (E)	786.256	2.899	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	2.888	367.894	368	60	0.471	2.428
		Unitas	280.964	-1.846	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.846
		Pasca Sarjana	216.499	-1.094	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.094
		Laboratorium HPT (B)	795.791	3.379	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	3.368	429.082	429	62	0.487	2.892
7	FMIPA	Gedung Biomolekuler (G)	826.289	-0.375	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.375
		Gedung Graha Sains (Matematika) (F)	1341.201	2.855	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	2.844	362.296	362	0	0.000	2.855
		Gedung Kimia (D)	852.478	10.945	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	10.934	1392.864	1393	40	0.314	10.631
		Gedung Kimia II (E)	858.475	11.247	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	11.236	1431.349	1431	40	0.314	10.933
		Gedung Lab. Fisika - R. Kuliah (C)	711.977	-0.843	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.843
		Kantor MIPA (A)	2233.513	71.806	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	71.795	9145.904	9146	80	0.628	71.178
		Lab. Biologi (B)	799.841	3.583	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	3.572	455.077	455	40	0.314	3.269
8	FK	Gedung Kantor Fakultas Kedokteran (A)	1906.916	57.708	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	57.698	7350.017	7350	0	0.000	57.708
		Graha Medika (C)	1168.219	18.140	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	18.130	2309.533	2310	30	0.236	17.905
		Lab. Anatomi dan Histologi (F)	956.176	-1.431	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.431
		Lab. Histopatologi (G)	794.405	13.664	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	13.653	1739.296	1739	48	0.377	13.287
		Laboratorium Faal dan Ruang Kuliah (E)	845.886	-0.787	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.787
9	HB	Gedung PPI (G)	1663.736	43.103	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	43.092	5489.443	5489	0	0.000	43.103
10	FII	Gedung Paklitas Hukum (A)	1106.451	17.384	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	17.373	2213.149	2213	35	0.275	17.109
		Pasca Sarjana	724.745	-0.690	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.690
		Gedung Ruang Kuliah (B)	1154.637	17.456	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.000	17.456	2223.730	2224	58	0.455	17.001



No	Fakultas	Nama Bangunan	Luas Atap	Volume sumur resapan	D	H	Av	Ah	Atotal	K	Vresapan	Vturan	Htotal	n	...	Vresapan	Volume LRB
			(m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	m	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
II	HE	Pasca Sarjana	1123.613	-0.997	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.997
		Gedung Ekonomi (D)	1076.685	-1.761	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-1.761
		Gedung Ekonomi (A)	577.664	-0.899	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.899
		Gedung Kantor Fakultas Ekonomi	1229.429	1.224	0.1	1.0	0.314	0.00785	0.322	0.677	0.011	1.213	154.569	155	0	0.000	1.224
		Gedung Kuliah E	930.512	-2.124	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-2.124
		<b>Gedung Pascasarjana</b>	<b>1076.685</b>	<b>13.529</b>	<b>0.1</b>	<b>1.0</b>	<b>0.314</b>	<b>0.00785</b>	<b>0.322</b>	<b>0.677</b>	<b>0.011</b>	<b>13.519</b>	<b>1722.128</b>	<b>1722</b>	<b>40</b>	<b>0.314</b>	<b>13.215</b>
		Unitas dan Garasi (H)	235.413	-0.141	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0.000	-0.141
<b>Jumlah</b>			<b>70074.130</b>	<b>1228.286</b>									<b>159724</b>	<b>1854</b>	<b>14.554</b>	<b>1213.733</b>	

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut merupakan tabel rekapitulasi volume masing-masing tampungan air hujan yang jatuh di atap yaitu tampungan *rainwater harvesting*, sumur resapan dan lubang resapan biopori.

**Tabel 4.40 Rekapitulasi Volume Tampungan Air Hujan**

Jenis Air	Volume m <sup>3</sup> /hari
Air <i>Rainwater harvesting</i>	2144,000
Air Sumur Resapan	157,785
Air Lubang Resapan Biopori	14,554

Sumber: Hasil Perhitungan

