

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Hidrologi

Dalam memperkirakan pengaruh kejadian hujan terhadap suatu daerah dapat dilakukan dengan analisis kejadian hujan. Analisis kejadian hujan dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui siklus hujan pada suatu daerah, menentukan kawasan pengaruh hujan dan untuk menentukan berapa besar curah hujan rencana, intensitas hujan, koefisien limpasan dan dilakukan perhitungan besaran debit pengaliran.

Analisis hidrologi merupakan data awal yang sangat penting dalam analisis selanjutnya yaitu sebagai data utama untuk menentukan besarnya limpasan permukaan pada lokasi studi.

4.1.1. Uji Konsistensi

Uji konsistensi diperlukan untuk menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran, data tersebut harus betul-betul menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan. (Harto, 1993:59).

4.1.1.1 Uji Outlier

Outlier adalah data yang menyimpang cukup jauh dari trend kelompoknya. Keberadaan *outlier* biasanya dianggap mengganggu pemilihan jenis distribusi suatu sampel data, sehingga *outlier* ini perlu dibuang. Uji Grubbs dan Beck menetapkan dua batas ambang X_L dan X_H . Data hujan dari masing-masing stasiun diurutkan dari yang terbesar terlebih dahulu. Perhitungan uji *outlier* ditampilkan pada tabel 4.1. sampai dengan tabel 4.2.

Berikut langkah perhitungan uji *outlier* stasiun hujan Brawijaya :

- Stdev log x (S) = 0.152
- Mean log x (Xr) = 2.107
- X_H = $X_r - K_n.S$
= $2.107 - 2.036 \times 0.152$
= 1.707
- X_L = $X_r + K_n.S$
= $2.107 + 2.036 \times 0.152$
= 2,327

- Untuk menghitung nilai XH dan XL diperlukan nilai Kn, nilai Kn didapat dari tabel pada sub Bab 2 Tinjauan Pustaka.
- Nilai ambang atas = antilog XH = 50,891
- Nilai ambang bawah = antilog XL = 212.138,
- Maka ada data yang perlu dihilangkan yaitu tahun 2008

Tabel 4.1. Curah hujan maksimum harian stasiun Brawijaya yang telah diurutkan

NO	TAHUN	Tanggal	CH. MAKS. (mm)	Rangking Data		
				Tahun	Tanggal	CH MAKS. (mm)
1	2002	20 Februari	116.000	2008	13 Desember	220.000
2	2003	24 Januari	90.000	2010	7 November	156.500
3	2004	25 Februari	71.450	2002	20 Februari	116.000
4	2005	20 Juni	100.400	2006	24 Mei	102.500
5	2006	24 Mei	102.500	2005	20 Juni	100.400
6	2007	20-Apr	71.500	2011	24-Apr	93.500
7	2008	13 Desember	220.000	2003	24 Januari	90.000
8	2009	31 Desember	83.000	2009	31 Desember	83.000
9	2010	7 November	156.500	2007	20-Apr	71.500
10	2011	24-Apr	93.500	2004	25 Februari	71.450

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.2. Uji *outlier* stasiun Brawijaya

NO	TAHUN	Tanggal	CH. MAKS. (mm)
1	2010	7 November	156.500
2	2002	20 Februari	116.000
3	2006	24 Mei	102.500
4	2005	20 Juni	100.400
5	2011	24-Apr	93.500
6	2003	24 Januari	90.000
7	2009	31 Desember	83.000
8	2007	20-Apr	71.500
9	2004	25 Februari	71.450

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.2. Analisa Curah Hujan Rancangan

Dalam perencanaan ini hujan rancangan dipilih cara Log Pearson III (CD. Soemarto,1995:125) dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data. Tahapan untuk menghitung hujan rancangan maksimum dengan metode Log Pearson III adalah sebagai berikut:

- Mengurutkan data curah hujan rerata pada Tabel 4.3 dari nilai terbesar ke terkecil.
- Menghitung nilai rerata curah hujan dalam logaritma pada Tabel 4.4, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\overline{\log x} &= \frac{1}{9}(\log 156.5 + \log 116 + \dots + \log 71.45) \\ &= 1,98 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Menghitung simpangan baku (Sd) dan koefisien kepeccengan (Cs) sebagai berikut:

- Simpangan baku (Sd)

$$\begin{aligned}&= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\log x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(0,027) + (0,011) + \dots + (-0,016)}{(9-1)}} \\ &= 0,106\end{aligned}$$

- Koefisien kepeccengan (Cs)

$$\begin{aligned}&= \frac{n \sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(Si)^3} \\ &= 9 \times \frac{((0,00981) + (0,00059) + \dots + (-0,00202))}{(9-1) \times (9-2) \times (0,106)^3} \\ &= 0,821\end{aligned}$$

Tabel 4.3. Curah hujan maksimum setelah diuji *outlier*

NO	TAHUN	Tanggal	CH. MAKS. (mm)
1	2010	7 November	156.500
2	2002	20 Februari	116.000
3	2006	24 Mei	102.500
4	2005	20 Juni	100.400
5	2011	24-Apr	93.500
6	2003	24 Januari	90.000
7	2009	31 Desember	83.000
8	2007	20-Apr	71.500
9	2004	25 Februari	71.450

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4. berikut:

Tabel 4.4. Perhitungan Log Pearson Type III

NO	TAHUN	CH. MAKS.(X)	Log(X)	(Log X-Log Xrt) ²	(Log X-Log Xrt) ³
		(mm)			
1	2010	156.5	2.194514342	0.045832087	0.00981193
2	2002	116	2.064457989	0.007060696	0.000593296
3	2006	102.5	2.010723865	0.000917716	2.78011E-05
4	2005	100.4	2.001733713	0.000453846	9.66859E-06
5	2011	93.5	1.970811611	9.25143E-05	-8.89842E-07
6	2003	90	1.954242509	0.000685787	-1.79591E-05
7	2009	83	1.919078092	0.003764062	-0.000230933
8	2007	71.5	1.854306042	0.015907264	-0.002006288
9	2004	71.45	1.854002233	0.015983991	-0.002020821
Jumlah			17.8238704		
Rerata			1.980430044		
standar deviasi (s)			0.106476501		
Skew (cs)			0.820886222		

- d. Menghitung besarnya curah hujan rancangan untuk kala ulang yang telah ditentukan, dengan memasukkan harga rerata log X, yaitu sebesar 1,980 dan nilai G diperoleh dari tabel (untuk kala ulang 5 tahun dan Cs = 0,821, nilai G adalah 0,778), serta nilai Sd = 0,106 ke dalam perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \log X_T &= \overline{\log x} + (G \times Sd) \\ &= 1,980 + (0,778 \times 0,106) \\ &= 2.062 \end{aligned}$$

$$X_T = 115,67 \text{ mm}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.5. berikut:

Tabel 4.5. Perhitungan Curah hujan Rancangan

NO	PERIODE	G	HARGA
	ULANG (T) (tahun)		EKSTRAPOLASI (Xt) (mm)
1	2	-0.135	92.474
2	5	0.778	115.674
3	10	1.337	132.663

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.3. Uji Kesesuaian Distribusi

Pengujian analisis curah hujan dilakukan dengan uji Smirnov-Kolmogorof maupun uji Chi-Square untuk mengetahui kesesuaian dari analisis curah hujan terhadap simpangan data vertikal dari plotting data curah hujan.

4.1.3.1. Uji Smirnov – Kolmogorov

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung peluang empiris dengan memasukkan nomor data, mulai dari data terkecil sampai data terbesar dengan persamaan:

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

Contoh pada nomor urut 1 :

$$\begin{aligned} S_n &= \frac{m}{n+1} \times 100\% \\ &= \frac{1}{9+1} \times 100\% \\ &= 10\% \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

2. Mencari nilai log dari data hujan harian maksimum $\log 71.5 = 1,854$
3. Menghitung nilai G dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \log x_i &= \overline{\log x} + (G \times S_i) \\ G &= \left(\frac{\log x_i - \overline{\log x}}{S_i} \right) \\ &= \left(\frac{1,854 - 1,98}{0,106} \right) = -1,187 \end{aligned}$$

4. Mencari harga Pr melalui Tabel Distribusi Pearson III, diperoleh Pr = 93,073
5. Menghitung selisih Sn(x) dan P(x) dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \Delta &= |P_e(x) - P_t(x)| \\ &= |0,1 - 0,069| = 0,031 \end{aligned}$$

6. Mencari nilai Δ_{Cr} kemudian dibandingkan dengan Δ_{maks}
Diperoleh Δ_{Cr} untuk $\alpha = 5\%$ adalah 0,432 dan Δ_{maks} adalah 0,151. Karena $\Delta_{maks} < \Delta_{Cr}$, maka data dapat diterima. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6. berikut:

Tabel 4.6. Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorof

No	X	Pe(X)	Log X	G	Pr	P(x)	[Pe(x) - P(x)]
1	71.5	0.100	1.854	-1.187	93.073	0.069	0.031
2	71.5	0.200	1.854	-1.185	92.982	0.070	0.130
3	83.0	0.300	1.919	-0.576	72.188	0.278	0.022
4	90.0	0.400	1.954	-0.246	62.697	0.373	0.027
5	93.5	0.500	1.971	-0.090	58.225	0.418	0.082
6	100.4	0.600	2.002	0.200	49.765	0.502	0.098
7	102.5	0.700	2.011	0.285	45.076	0.549	0.151
8	116.0	0.800	2.064	0.789	19.133	0.809	0.009
9	156.5	0.900	2.195	2.011	4.331	0.957	0.057
Jumlah			17.824			Dmax	0.151
xrerata			1.980				
stdev			0.106				
skew			0.821				

Sumber : Hasil Perhitungan

Uji Smirnov Kolmogorof

Data	:	9	
Signifikansi	:	5	%
D Kritis	:	0.432	%
D Maksimum	:	0.151	%
Kesimpulan	:	Diterima	

Tabel 4.7. Rekapitulasi Uji Smirnov Kolmogorof

Kala Ulang	α	Dkritis	Dmaks	ket
5	0.2	0.346	0.151	diterima
10	0.1	0.398	0.151	diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.3.2. Uji Chi – Square

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

$$X^2_{hit} = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dengan :

X^2_{hit}	:	harga Chi – Square
O_i	:	Nilai yang diharapkan (<i>expected frequency</i>)
E_i	:	Nilai yang diamati (<i>observed frequency</i>)

Dengan persamaan diatas, maka urutan pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan banyak kelas dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Banyak kelas} &= 1 + 3,22 \log n \\ &= 1 + 3,22 \log 9 \end{aligned}$$

= 4,168 \approx 4 dengan n adalah jumlah data

2. Menentukan batas kelas dengan memasukkan nilai Sd yaitu 0,106 dan Cs yaitu 0,821 ke dalam persamaan berikut:

$$\log x_i = \overline{\log x} + (G \times Si)$$

Dengan nilai G untuk P = 75 % adalah -0,736, maka:

$$\begin{aligned}\log x_i &= 1,98 + (-0,736 \times 0,106) \\ &= 1,902\end{aligned}$$

$$x_i = 79,814$$

3. Menghitung frekuensi yang diharapkan (Ej) dengan perhitungan sebagai berikut:

$$E_j = \frac{n}{k} = \frac{9}{4} = 2,25$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.8. berikut:

Tabel 4.8. Perhitungan Uji Chi – Square

NO	PROBABILITY (P)	EXPECTED FREQUENCY (Ef)	OBSERVED FREQUENCY (Of)	Ef - Of	$\frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$
1	0-79.814	2.250	2	0.250	0.028
2	79.814-91.135	2.250	3	0.750	0.250
3	91.135-110.137	2.250	3	0.750	0.250
4	< 110.137	2.250	1	1.250	0.694
Jumlah		9.00	9.00		1.22

Sumber : Hasil Perhitungan

Sehingga diperoleh :

- χ^2 hitung = 1,22
- Dari tabel Chi Square, dengan $\alpha = 5\%$ diperoleh $\chi^2_{cr} = 16,919$. Nilai χ^2 hitung < χ^2_{cr} , dapat diambil kesimpulan bahwa data memenuhi uji Chi Square.

4.1.4. Intensitas hujan

Sebagai data input untuk menghitung debit limpasan permukaan dibutuhkan besar intensitas hujan masing-masing kala ulang yang disimulasikan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$I = \frac{R_t}{t}$$

Dengan :

I = Intensitas curah hujan rerata dalam T jam (mm/jam)

R_t = Jumlah hujan (mm)

t = Waktu curah hujan (jam)

Contoh perhitungan intensitas hujan kala ulang 5 tahun sebagai berikut :

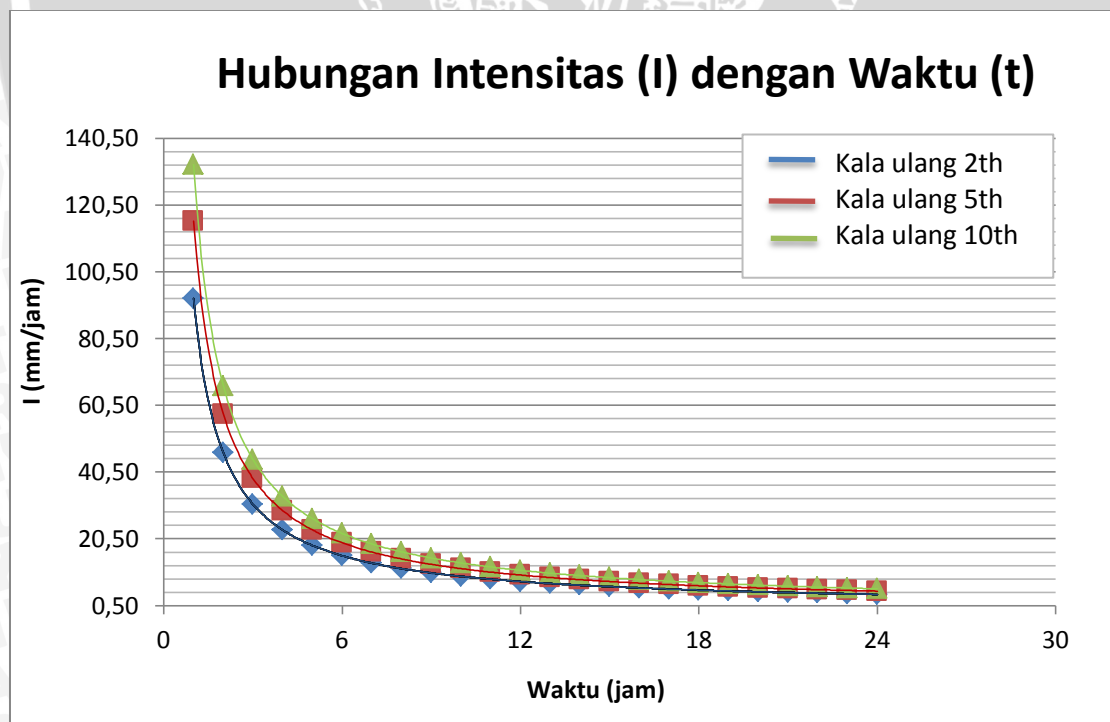
$$I = \frac{R_t}{t}$$

$$I = \frac{115.674}{4} \quad I = 28,919 \text{ mm/jm}$$

Tabel 4.9. Perhitungan intensitas hujan

Periode Ulang	Intensitas (I)		
	2 th	5 th	10 th
R_t (mm)	92.47352	115.67400	132.66297
T	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)
1	92.474	115.674	132.663
2	46.237	57.837	66.331
3	30.825	38.558	44.221
4	23.118	28.919	33.166
5	18.495	23.135	26.533

Sumber : Hasil Perhitungan



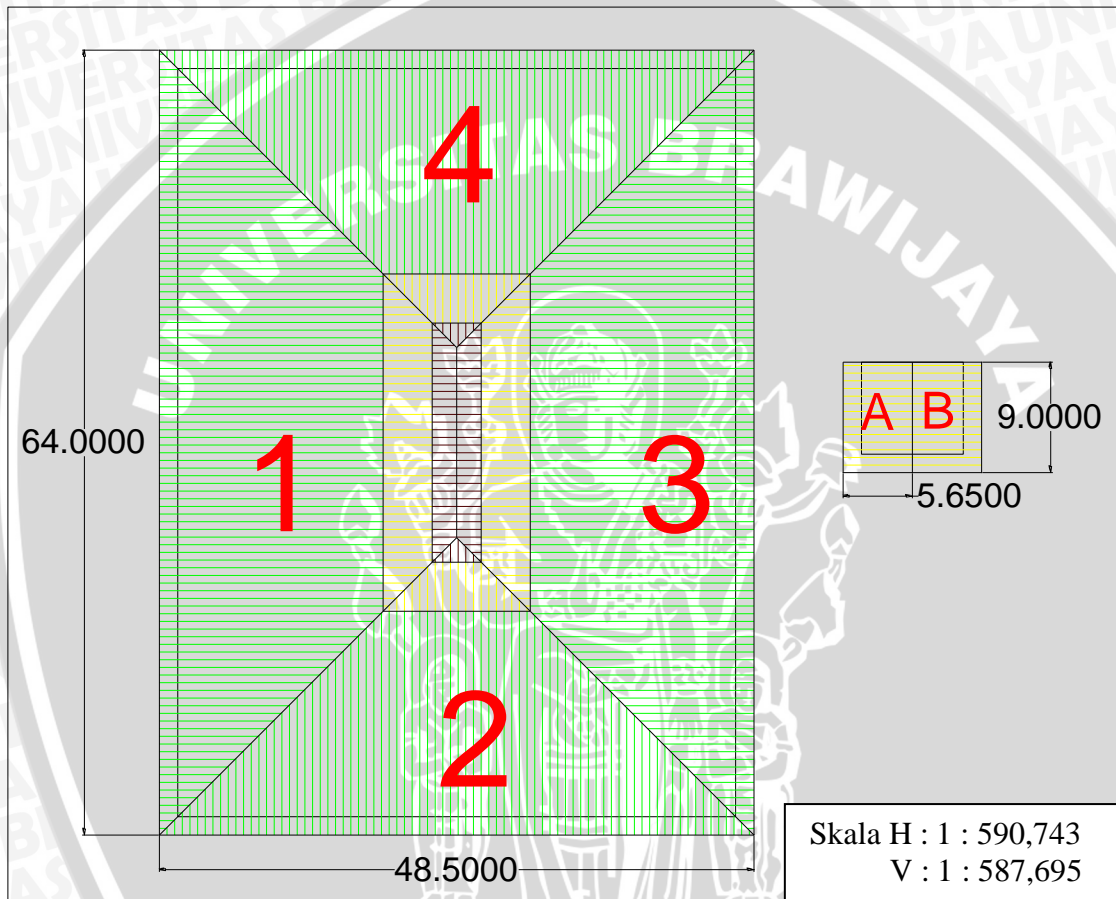
Gambar 4.1. Grafik Intensitas Hujan

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2. Analisa Debit Limpasan Permukaan

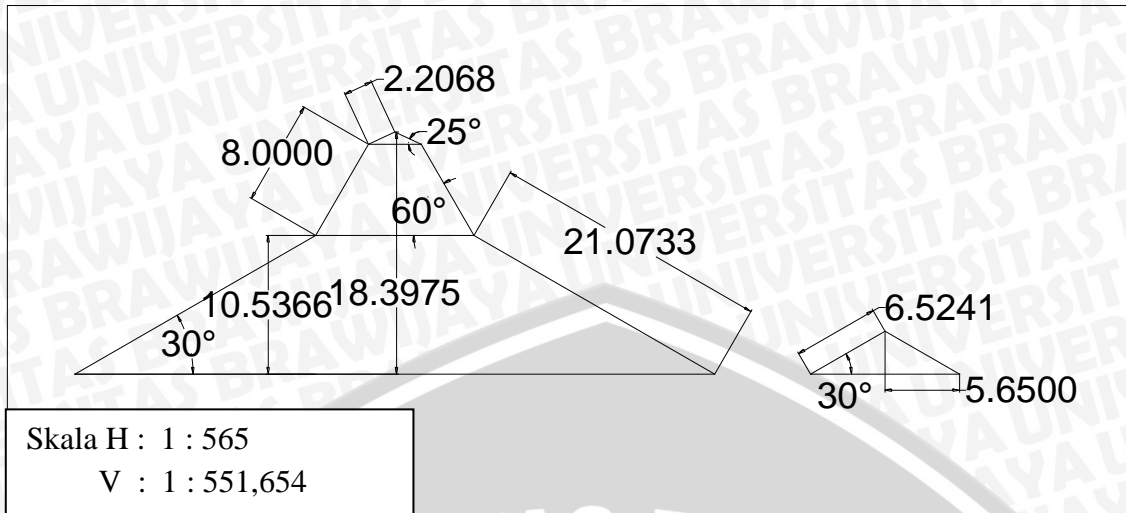
4.2.1. Limpasan Melalui Atap

Luas daerah pengaliran pada atap dianggap merupakan luas bidang atap itu sendiri, sehingga untuk perhitungan luas daerah pengaliran dihitung berdasarkan luasan bidang-bidang pembentuk atap. Atap gedung Universitas Brawijaya sebagian besar berjenis joglo dimana terdiri dari dua bidang pembentuk atap yaitu trapesium dan segitiga. Selain itu bidang persegi panjang digunakan untuk jenis atap pelana.



Gambar 4.2. Denah atap gedung Samantha Krida

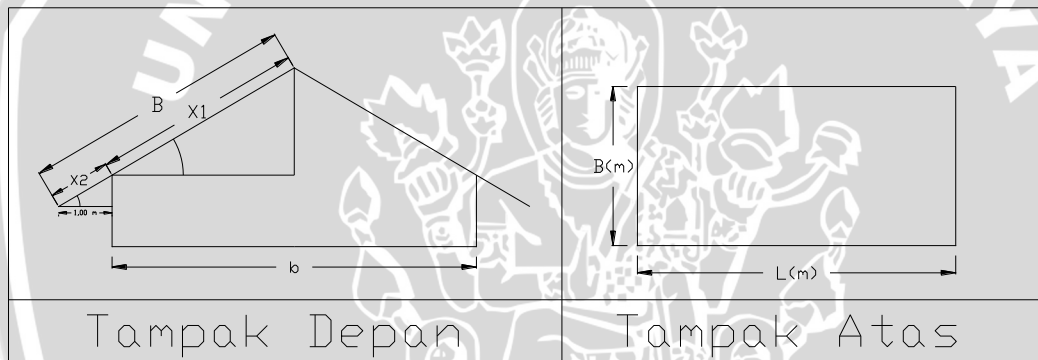
Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.3. Penampang melintang atap gedung Samantha Krida

Sumber : Hasil Perhitungan

A. Bidang persegi panjang



Gambar 4.4. Sketsa Atap Model Pelana
Sumber : Pramudio, Wisnu, 2003

$$A = (L \times B) \times 2$$

Dimana B dihitung berdasarkan kemiringan atap terhadap bidang datar :

$$B = X_1 + X_2$$

Dengan :

$$X_1 = ((0,5xb)/\cos) \text{ dan } X_2 = (1,5/\cos \alpha), \text{ maka}$$

$$\text{Sehingga, } A = (L \times (A = (((((0,5xb) + 1) \times \cos \alpha) \times L) \times 2) ((0,5xb)/\cos) + (1,5/\cos \alpha))) \times 2$$

Dengan :

A = Luas bidang atap (m²)

L = panjang bidang (m)

B = lebar bidang (m)

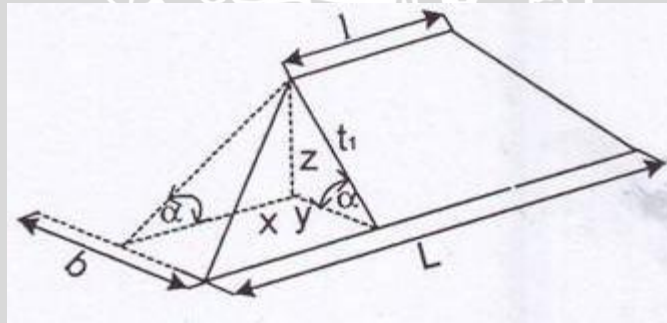
α = sudut kemiringan atap (°)



Contoh perhitungan luas atap pelana gedung samantha krida sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 b_1 &= 8,3 \text{ m} \\
 b_2 &= 1,5 \text{ m} \\
 L &= 9 \\
 \alpha &= 30^\circ \\
 X_1 &= ((0,5 \times b_1) / \cos \alpha) \\
 &= ((0,5 \times 8,3) / \cos 30^\circ) \\
 &= 4,792 \text{ m} \\
 X_2 &= (b_2 / \cos \alpha) \\
 &= (1,5 / \cos 30^\circ) \\
 &= 1,732 \text{ m} \\
 B &= X_1 + X_2 \\
 &= 4,792 + 1,732 \\
 &= 6,524 \text{ m} \\
 A &= (L \times B) \times 2 \\
 &= (9 \times 6,524) \times 2 \\
 &= 117,433 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

B. Bidang trapesium



Gambar 4.5. Sketsa Atap Model Perisai
Sumber : Pramudio, Wisnu, 2003

Luasan bidang trapesium tersebut dapat dihitung dengan rumus : $A = 1/2 \times (l + L) \times z$

$$\cos \alpha = \frac{y}{t_1}, \quad t_1 = \frac{y}{\cos \alpha}$$

$$y = 1/2b$$

$$\text{maka } t_1 = \frac{1}{\cos \alpha} \times \left(\frac{1}{2b}\right)$$

$$\sin \alpha = \frac{z}{t_1}, z = t_1 \times \sin \alpha$$

$$z = \left(\frac{1}{\cos \alpha} x(1/2b) \right) \times \sin \alpha$$

$$l = L - 2x$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{z}{x}, x = \frac{z}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$x = \frac{\frac{1}{\cos \alpha} x \left(\frac{1}{2b} \right) \times \sin \alpha}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$\text{maka } l = L - \left\{ 2x \left[\frac{\left(\frac{1}{\cos \alpha} x \left(\frac{1}{2b} \right) \times \sin \alpha \right)}{\operatorname{tg} \alpha} \right] \right\}$$

Maka luasan bidang jajaran genjang dapat dihitung dari persamaan

$$A_1 = 1/2x(l+L)xt_1$$

$$A_1 = \frac{1}{2}x \left[L + \left(L - \left\{ 2x \left[\frac{\left(\frac{1}{\cos \alpha} x \left(\frac{1}{2b} \right) \times \sin \alpha \right)}{\operatorname{tg} \alpha} \right] \right\} \right) \right] \times \frac{1}{\cos \alpha} x \left(\frac{1}{2b} \right)$$

Dengan :

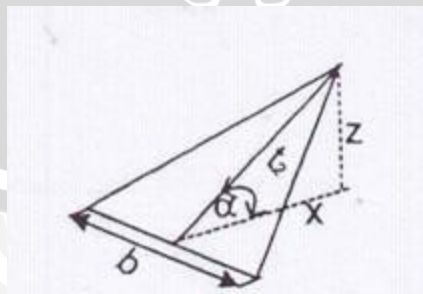
A_1 = luas bidang trapesium (m^2)

L = panjang sisi bawah trapesium/panjang atap (m)

b = panjang alas segitiga/lebar atap (m)

α = sudut kemiringan atap ($^\circ$)

C. Bidang segitiga



Gambar 4.6. Bidang Segitiga

Sumber : Pramudio, Wisnu, 2003

$$A = 1/2 x t_2 x b$$

Dari gambar tersebut dapat diketahui :

$$\sin \alpha = \frac{z}{t_2}$$

$$z = t_2 \times \sin \alpha$$

dari persamaan (2.10) dan (2.21) dapat diketahui bahwa :

$$z = t_1 \times \sin \alpha = t_2 \times \sin \alpha$$

$$\text{maka } t_1 = t_2$$

sehingga luasan bidang segitiga tersebut dapat dihitung :

$$A_2 = 1/2 \times \frac{1}{\cos \alpha} \times (1/2 b) \times b$$

$$A_2 = \frac{1}{\cos \alpha} \times (1/2 b)^2$$

Dengan :

$$A_2 = \text{luas bidang segitiga (m}^2\text{)}$$

Contoh perhitungan luas atap Joglo gedung samantha krida sebagai berikut :

- Luas atap trapesium

$$y = 2 \text{ m}$$

$$L = 19,5 \text{ m}$$

$$l = 15,5 \text{ m}$$

$$\alpha = 25^\circ$$

$$t_1 = (1/\cos \alpha) \times y$$

$$= (1/\cos 25^\circ) \times 2$$

$$= 2,2068 \text{ m}$$

$$z = ((1/\cos \alpha) \times y) \times \sin \alpha$$

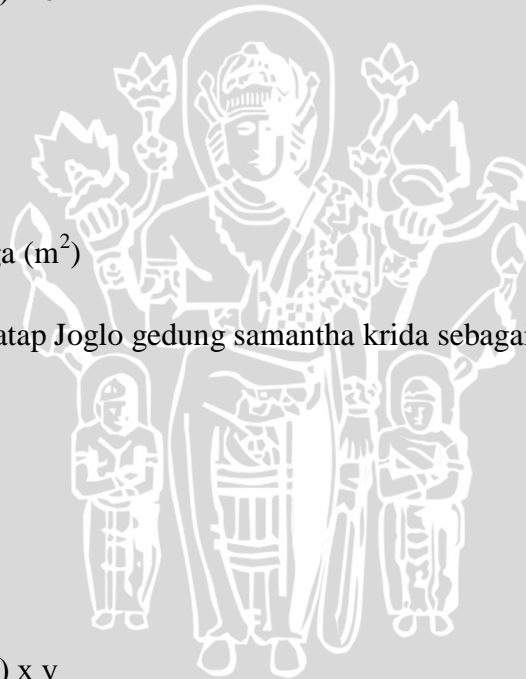
$$= ((1/\cos 25^\circ) \times 2) \times \sin 25^\circ$$

$$= 0,9326 \text{ m}$$

$$\text{Luas (A)} = ((L + l) \times t_1)/2$$

$$= ((19,5 + 15,5) \times 2,2068)/2$$

$$= 38,6182 \text{ m}^2$$



- Luas atap segitiga

$$\begin{aligned}
 b &= 4 \text{ m} \\
 \alpha &= 25^\circ \\
 z &= 0,9326 \text{ m} \\
 t_2 &= (z/\sin \alpha) \\
 &= (0,9326/\sin 25^\circ) \\
 &= 2,2068 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas (A)} &= (b \times t_2)/2 \\
 &= (4 \times 2,2068)/2 \\
 &= 4.4135\text{m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan luas atap selengkapnya ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.10. Luas atap trapesium

No	x	y	L	l	α	t1	z	Luas (A)
	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m ²)
1	2	2	19.5	15.5	25	2.2068	0.9326	38.6182
3	2	2	19.5	15.5	25	2.2068	0.9326	38.6182
Jumlah								77.2365

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 t1 &= (1/\cos \alpha) * y \\
 z &= ((1/\cos \alpha) * y) * \sin \alpha \\
 A &= ((L+l) * t1) / 2
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11. Luas atap segitiga

No	x	b	α	z	t2	Luas (A)
	(m)	(m)		(m)	(m)	(m ²)
2	2	4	25	0.93262	2.2068	4.4135
4	2	4	25	0.93262	2.2068	4.4135
Jumlah						8.8270

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

$$\begin{aligned}
 t2 &= (z/\sin \alpha) \\
 A &= (b * t2) / 2
 \end{aligned}$$

Tabel 4.12. Luas atap trapesium

No	X	y	L	l	α	t1	z	Luas (A)
	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m ²)
2	4	4	12	4	60	8.0000	6.9282	64.0000
4	4	4	12	4	60	8.0000	6.9282	64.0000
1	4	4	27.5	19.5	60	8.0000	6.9282	188.0000
3	4	4	27.5	19.5	60	8.0000	6.9282	188.0000
Jumlah								504.0000

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan: $t1 = (1/\cos \alpha) * y$
 $z = ((1/\cos \alpha) * y) * \sin \alpha$
 $A = ((L+1) * t1) / 2$

Tabel 4.13. Luas atap trapesium

No	X	y	L	l	α	t1	z	Luas (A)
	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m ²)
2	18.25	18.25	48.5	12	30	21.0733	10.5366	637.4669
4	18.25	18.25	48.5	12	30	21.0733	10.5366	637.4669
1	18.25	18.25	64	27.5	30	21.0733	10.5366	964.1028
3	18.25	18.25	64	27.5	30	21.0733	10.5366	964.1028
Jumlah								3203.1393

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan: $t1 = (1/\cos \alpha) * y$
 $z = ((1/\cos \alpha) * y) * \sin \alpha$
 $A = ((L+1) * t1) / 2$

Tabel 4.14. Rekapitulasi luas atap 1

Bangun	Luas (A)
	(m ²)
Trapezium 1	38.6182
Trapezium 1	188.0000
Trapezium 1	964.1028
Jumlah	1190.7210

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.15. Rekapitulasi luas atap 2

Bangun	Luas (A)
	(m ²)
Segitiga 2	4.4135
Trapezium 2	64.0000
Trapezium 2	637.4669
Jumlah	705.8804

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.16. Rekapitulasi luas atap 3

Bangun	Luas (A)
	(m ²)
Trapezium 3	38.6182
Trapezium 3	188.0000
Trapezium 3	964.1028
Jumlah	1190.7210

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.17. Rekapitulasi luas atap 4

Bangun	Luas (A)
	(m ²)
Segitiga 4	4.4135
Trapesium 4	64.0000
Trapesium 4	637.4669
Jumlah	705.8804

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan debit limpasan atap Samantha krida kala ulang 5 tahun sebagai berikut:

Luas atap total = Luas atap 1 + Luas atap 2 + Luas atap 3 + Luas atap 4 + Luas atap

pelana

$$= 1190.7210 + 705.8804 + 1190.7210 + 705.8804 + 117,433$$

$$= 3910,6358 \text{ m}^2$$

$$= 0,3911 \text{ ha}$$

$$\text{Intensitas (I)} = \frac{R_t}{t}$$

$$= \frac{115.674}{4}$$

$$= 28,919 \text{ mm/jm}$$

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

$$C_s = 0,8$$

$$\text{Debit (Q}_1\text{)} = 0,002778 \times C_{\text{Atap}} \times C_s \times I \times A$$

$$= 0,002778 \times 0,8 \times 0,8 \times 28,919 \times 0,3911$$

$$= 0,020 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Jadi debit limpasan atap samantha krida dengan kala ulang 5 tahun adalah 0,020 m³/dt.

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18. Debit limpasan atap Universitas Brawijaya

No	Fakultas	Beban saluran	Nama bangunan	luas atap		Debit		
				(m ²)	(ha)	2th (m ³ /dt)	5th (m ³ /dt)	10th (m ³ /dt)
1	Kantor Pusat	C 10.8	BNI	752.4296	0.0752	0.0031	0.0039	0.0044
		C 15	Griya Brawijaya A	528.2980	0.0528	0.0022	0.0027	0.0031
		C 10.8	Griya Brawijaya B	581.0440	0.0581	0.0024	0.0030	0.0034
		C 10.8	Griya Brawijaya C	528.2980	0.0528	0.0022	0.0027	0.0031
		C 10.8	Griya Brawijaya D	528.2980	0.0528	0.0022	0.0027	0.0031
		C 10.8	Gedung IKA	623.1745	0.0623	0.0026	0.0032	0.0037
		C 10.8	Kantor Vokasi	326.6892	0.0327	0.0013	0.0017	0.0019
		M 2	Perpustakaan (D)	3242.2391	0.3242	0.0133	0.0167	0.0191
		C 1.1	Perpustakaan Baru	1297.4644	0.1297	0.0053	0.0067	0.0077
		C 2	Rektorat Lt. 1 - 9	1176.3605	0.1176	0.0048	0.0060	0.0069
		C 3.7 L	Widya Loka ©	829.3598	0.0829	0.0034	0.0043	0.0049
		C 10.4	MRP	3910.6358	0.3911	0.0161	0.0201	0.0231
		C 10.3	GOR	3254.2380	0.3254	0.0134	0.0167	0.0192
		C 15	Rumah Pintar	294.3421	0.0294	0.0012	0.0015	0.0017
		C 10.3	Samantha Krida	3910.6358	0.3911	0.0161	0.0201	0.0231
		C 15	SD BSS	703.3190	0.0703	0.0029	0.0036	0.0041
		C 8.3	TSSU	587.6298	0.0588	0.0024	0.0030	0.0035
		C 10.2	kantin blk samantakrida	528.4710	0.0528	0.0022	0.0027	0.0031
		C 10.8	Children Center	564.6679	0.0565	0.0023	0.0029	0.0033
		C 11	Gedung Kuliah bersama	1297.4644	0.1297	0.0053	0.0067	0.0077
		C 8.3	LSIH	787.1889	0.0787	0.0032	0.0040	0.0046
		C 1.1	post jaga Mako	111.2466	0.0111	0.0005	0.0006	0.0007
		C 13	rektorat baru (coridor)	545.0773	0.0545	0.0022	0.0028	0.0032
		C 10.5	Student Center	1047.7140	0.1048	0.0043	0.0054	0.0062
C 15	SMP BSS 1	843.8010	0.0844	0.0035	0.0043	0.0050		
C 1.1	Denah parkir	360.0000	0.0360	0.0015	0.0019	0.0021		
C 10.1	unitas 3	324.4017	0.0324	0.0013	0.0017	0.0019		
2	FTP	C 8.4	Lab Uji, Lab Nutrisi	598.6500	0.0599	0.0025	0.0031	0.0035
		C 10.6	Kantor FTP	1775.9957	0.1776	0.0073	0.0091	0.0105
		C 8.3	gedung FTP	382.8746	0.0383	0.0016	0.0020	0.0023
		C 10.6	FTP (poltek)	1534.3417	0.1534	0.0063	0.0079	0.0090
3	FT	C 3.3 R	Gedung Kuliah Teknik Elektro (S)	1229.3269	0.1229	0.0051	0.0063	0.0072
		C 3.3 R	Gedung Teknik Mesin III(Q)	1388.1726	0.1388	0.0057	0.0071	0.0082
		C 3.1	Gedung Lab. Elektro II (N)	886.0403	0.0886	0.0036	0.0046	0.0052
		C 14	Gedung Teknik Elektro I (R)	1166.0927	0.1166	0.0048	0.0060	0.0069
		C 3.3 L	Gedung Teknik Mesin I (P)	1703.8871	0.1704	0.0070	0.0088	0.0100
		C 3.3 L	Gedung Teknik Mesin II (O)	1342.9056	0.1343	0.0055	0.0069	0.0079
		C 3.1	Gedung Teknik Industri	1076.6851	0.1077	0.0044	0.0055	0.0063

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.18. Lanjutan

No	Fakultas	Beban saluran	Nama bangunan	luas atap		Debit		
				(m ²)	(ha)	2th (m ³ /dt)	5th (m ³ /dt)	10th (m ³ /dt)
4	FPT	C 6.1	Gedung 1 Peternakan (B)	823.4388	0.0823	0.0034	0.0042	0.0049
		C 6.1	GEDUNG III	838.2349	0.0838	0.0034	0.0043	0.0049
		C 6.1	Gedung IV	1312.4841	0.1312	0.0054	0.0067	0.0077
		C 3.4	Kafetaria	153.1923	0.0153	0.0006	0.0008	0.0009
		C 6.1	Masjid	237.1471	0.0237	0.0010	0.0012	0.0014
		C 3.4	Unitas	109.7427	0.0110	0.0005	0.0006	0.0006
5	FPIK	C 16	Gedung D Fakultas Perikanan	842.2078	0.0842	0.0035	0.0043	0.0050
		C 7.2	Gedung G lab workshop perikanan	190.3879	0.0190	0.0008	0.0010	0.0011
		C 7.2	Gedung Kantor Perikanan (A)	752.5382	0.0753	0.0031	0.0039	0.0044
		C 16	Gedung Lab Biokimia dan Makanan Ikan (E)	182.1940	0.0182	0.0007	0.0009	0.0011
		C 16	Lab Reproduksi dan Breeding	181.6600	0.0182	0.0007	0.0009	0.0011
		C 16	Musholla (H)	240.5173	0.0241	0.0010	0.0012	0.0014
		C 16	Unitas (F)	218.2324	0.0218	0.0009	0.0011	0.0013
6	FP	C 7.2	Gasebo	107.0582	0.0107	0.0004	0.0006	0.0006
		C 8.3	Gedung Budidaya Pertanian (C)	882.5026	0.0883	0.0036	0.0045	0.0052
		C 8.4	Gedung Bursa Mahasiswa	369.4991	0.0369	0.0015	0.0019	0.0022
		C 8.3	Gedung Ilmu Tanah (D)	805.0325	0.0805	0.0033	0.0041	0.0047
		C 7.2	Gedung Kantor Fakultas Pertanian (A)	800.7041	0.0801	0.0033	0.0041	0.0047
		C 16	Gedung Sosek (E)	786.2559	0.0786	0.0032	0.0040	0.0046
		C 7.2	Genset	22.0901	0.0022	0.0001	0.0001	0.0001
		C 8.3	Glass House 1.	144.5739	0.0145	0.0006	0.0007	0.0009
		C 8.3	Glass House 2	100.0005	0.0100	0.0004	0.0005	0.0006
		C 16	KM-WC MHS	48.8393	0.0049	0.0002	0.0003	0.0003
		C 8.3	klimatologi	100.0005	0.0100	0.0004	0.0005	0.0006
		C 7.2	Glass House 3	142.9894	0.0143	0.0006	0.0007	0.0008
		C 7.2	Glass House 4	142.9894	0.0143	0.0006	0.0007	0.0008
		C 8.5	Glass House 5	436.5794	0.0437	0.0018	0.0022	0.0026
		C 8.4	Kegiatan Mahasiswa_Sekretariat Bersama	280.9637	0.0281	0.0012	0.0014	0.0017
		C 7.2	Lab.SDL	216.4988	0.0216	0.0009	0.0011	0.0013
		C 7.2	Laboratorium HPT (B)	795.7906	0.0796	0.0033	0.0041	0.0047
		C 16	Musholla	229.0660	0.0229	0.0009	0.0012	0.0014
		C 16	Rumah Tanaman Koleksi Dharma Wanita	119.9971	0.0120	0.0005	0.0006	0.0007
		7	FMIPA	C 14	Gedung Biomolekuler (G)	826.2893	0.08263	0.00340
C 14	Gedung Graha Saintha (Matematika) F			1341.2011	0.13412	0.00551	0.00690	0.00791
C 8.3	Gedung Isolasi Jamur (I)			48.072	0.00481	0.00020	0.00025	0.00028
C 12.1	Gedung Kimia (D)			852.4779	0.08525	0.00350	0.00438	0.00503
C 12.1	Gedung Kimia II (E)			858.4749	0.08585	0.00353	0.00441	0.00506
C 8.1	Gedung Lab. Fisika - R.Kuliah (C)			711.9768	0.07120	0.00293	0.00366	0.00420
C 8.4	Kantor MIPA (A)			2233.513	0.22335	0.00918	0.01148	0.01317
C 8.1	Lab. Biologi (B)			799.8413	0.07998	0.00329	0.00411	0.00472

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.18. Lanjutan

No	Fakultas	Beban saluran	Nama bangunan	luas atap		Debit		
				(m ²)	(ha)	2th (m ³ /dt)	5th (m ³ /dt)	10th (m ³ /dt)
8	FK	C 1.1	Gedung AMPHI (D)	798.9124	0.0799	0.0033	0.0041	0.0047
		M 2	Gedung Kantor (A) Fak.Kedokteran	1906.9164	0.1907	0.0078	0.0098	0.0112
		C 1.1	Genset	46.6888	0.0047	0.0002	0.0002	0.0003
		M 2	Graha Medika (C)	1168.2190	0.1168	0.0048	0.0060	0.0069
		C 1.1	Lab Farmakologi (E)	862.3372	0.0862	0.0035	0.0044	0.0051
		C 8.4	Lab. Bio Kimia (H)	493.2208	0.0493	0.0020	0.0025	0.0029
		C 1.1	Lab.Anatomi dan Histologi (F)	956.1758	0.0956	0.0039	0.0049	0.0056
		C 1.1	Lab.Biomedik (G)	794.4047	0.0794	0.0033	0.0041	0.0047
	M 2	Laboratorium Faal dan Ruang Kuliah (B)	845.8858	0.0846	0.0035	0.0043	0.0050	
9	FIB	C 8.1	Denah Gedung PPI (G)	1663.7361	0.1664	0.0068	0.0086	0.0098
10	FH	C 3.7 L	Denah Gedung A Fak Hukum lt1	1106.4514	0.1106	0.0045	0.0057	0.0065
		C 3.7 L	Gedung Prog-S-2 (C)	724.7445	0.0725	0.0030	0.0037	0.0043
		C 3.7 L	Gedung Justitia (E)	181.9983	0.0182	0.0007	0.0009	0.0011
		C 3.7 L	Gedung Kuliah (B)	1154.6371	0.1155	0.0047	0.0059	0.0068
		C 3.7 L	Musholla Baru (F)	142.1980	0.0142	0.0006	0.0007	0.0008
11	FE	C 3.8 L	Denah FE_Pasca	1123.6134	0.1124	0.0046	0.0058	0.0066
		C 3.8 L	Ged.Ekonomi (D)	1076.6851	0.1077	0.0044	0.0055	0.0063
		C 3.8 R	Gedung A FAK. EKONOMI	577.6637	0.0578	0.0024	0.0030	0.0034
		C 3.8 R	Gedung Kantor Fak. Ekonomi	1229.4290	0.1229	0.0051	0.0063	0.0072
		C 3.8 R	Gedung Kuliah E	930.5121	0.0931	0.0038	0.0048	0.0055
		C 3.7 L	Gedung UKM	206.9631	0.0207	0.0009	0.0011	0.0012
		C 3.7 L	Genset (K)	93.3602	0.0093	0.0004	0.0005	0.0006
		C 3.8 R	Lab.Komputer PPA LAMA	941.7083	0.0942	0.0039	0.0048	0.0056
		C 3.7 L	Musholla	101.9102	0.0102	0.0004	0.0005	0.0006
		C 3.7 L	Gedung pasca lama	1076.6851	0.1077	0.0044	0.0055	0.0063
	C 3.7 L	Unitas dan Garasi (H)	235.4130	0.0235	0.0010	0.0012	0.0014	
12		M9	Poltek	10475.8000	1.0476	0.0431	0.0539	0.0618
Jumlah				79446.6942	7.9447	0.3265	0.4085	0.4685

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2. Limpasan Jalan Raya

Daerah tangkapan hujan pada perencanaan saluran samping jalan adalah daerah yang menerima curah hujan selama waktu tertentu sehingga menimbulkan debit yang harus ditampung oleh saluran samping untuk dialirkan ke saluran induk. Dalam hal ini luas daerah pengaliran batasnya tergantung dari daerah pembebasan dan daerah sekelilingnya.

4.2.2.1. Koefisien Kekasaran

Bila koefisien kekasaran badan jalan dan bahu jalan berbeda, maka digunakan koefisien kekasaran ekuivalen. Persamaan koefisien kekasaran ekuivalen dinyatakan (Chow, Ven Te; 1985):

$$n_{eq} = \frac{[\sum_1^N (P_N n_N^2)]^{1/2}}{P^{1/2}}$$

dengan :

n_{eq} = koefisien kekasaran Manning ekuivalen

P_N = keliling basah, tergantung bahan (m)

n_N = koefisien kekasaran Manning, tergantung bahan

Dengan modifikasi untuk aliran pada daerah datar, persamaan menjadi:

$$n_{eq} = \frac{[\sum_1^N (L_N n_N^2)]^{1/2}}{L_r^{1/2}}$$

Dimana L_r adalah lebar melintang badan dan bahu jalan. Untuk badan dan bahu jalan persamaan menjadi:

$$n_{eq} = \frac{[(W_s \cdot n_s^2 + W_c \cdot n_c^2)]^{1/2}}{(W_s + W_c)^{1/2}}$$

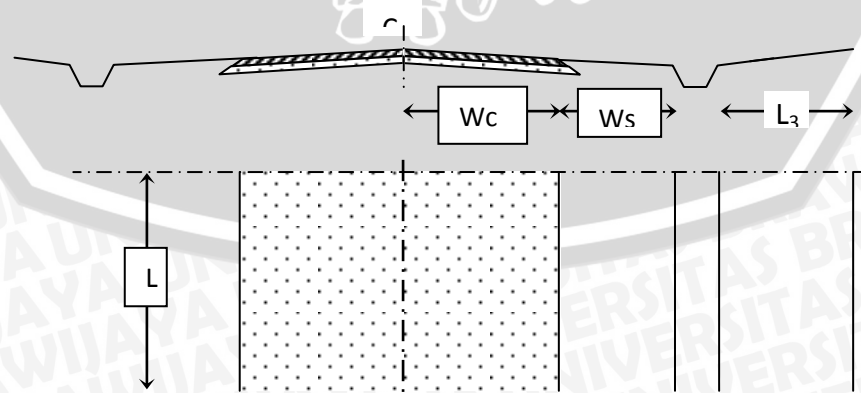
Dengan:

W_c = lebar badan jalan (m)

n_c = Kekasaran manning badan jalan

W_s = lebar bahu jalan (m)

n_s = Kekasaran manning bahu jalan



Gambar 4.7. Penampang Melintang Jalan
Sumber : Nasruddin, Fauzi, 2001

Berikut merupakan contoh perhitungan debit limpasan jalan yang membebani saluran M2 dengan kala ulang 5 tahun:

$$\text{Panjang jalan (L)} = 320 \text{ m}$$

$$\text{Lebar total jalan} = 12 \text{ m}$$

$$\text{Lebar sisi jalan (Wc)} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Koefisien Retensi (Cs)} = 0,8$$

$$\text{Koefisien kekasaran ekuivalen (n}_{eq}) = \frac{\left[(w_s \cdot n_s^2 + w_c \cdot n_c^2) \right]^{\frac{1}{2}}}{(w_s + w_c)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{(6 \cdot (0,9^2))^{\frac{1}{2}}}{(6)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= 0,9$$

$$\text{Luas jalan (A)} = L \times Wc$$

$$= 320 \times 6$$

$$= 1920 \text{ m}^2$$

$$= 0,192 \text{ ha}$$

$$\text{Intensitas (I)}$$

$$= \frac{R_t}{t}$$

$$= \frac{115.674}{4}$$

$$= 28,919 \text{ mm/jm}$$

$$\text{Debit (Q}_{Jalan})$$

$$= 0,002778 \times n_{eq} \times Cs \times I \times A$$

$$= 0,002778 \times 0,9 \times 0,8 \times 28,919 \times 0,192$$

$$= 0,0111 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Jadi debit limpasan jalan yang membebani saluran M2 dengan kala ulang 5 tahun adalah 0,0111m³/dt. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19. Perhitungan Karakteristik Jalan

No Jalan	Ruas Jalan	kemiringan melintang (Sc)	Kemiringan memanjang (i)	Lebar total badan jalan (m)	Lebar sisi jalan (Wc) (m)	Panjang Jalan (L) (m)	Luas Jalan (A) (m ²)
		(%)	(%)				
1	Kiri	0.02	0.0132	6	3	80.5	483.0000
	Kanan	0.02	0.0132		3		
2	Kiri	0.02	0.0125	9.8	4.9	313.27	3070.0460
	Kanan	0.02	0.0125		4.9		
3	Kiri	0.02	0.0106	8.6	4.3	192.7	1657.2200
	Kanan	0.02	0.0106		4.3		
4	Kiri	0.02	0.0106	8.2	4.1	169.3	1388.2600
	Kanan	0.02	0.0106		4.1		
5	Kiri	0.02	0.0062	8.8	4.4	142.5	1254.0000
	Kanan	0.02	0.0062		4.4		
6	Kiri	0.02	0.0108	8.5	4.25	119.8	1018.3000
	Kanan	0.02	0.0108		4.25		
7	Kiri	0.02	0.0145	8.6	4.3	131.8	1133.4800
	Kanan	0.02	0.0145		4.3		
8	Kiri	0.02	0.0160	8.2	4.1	195.4	1602.2800
	Kanan	0.02	0.0160		4.1		
9	Kiri	0.02	0.0184	18.6	9.3	190.26	3538.8360
	Kanan	0.02	0.0184		9.3		
10	Kiri	0.02	0.0036	8.1	4.05	51.5	417.1500
	Kanan	0.02	0.0036		4.05		
11	Kiri	0.02	0.0131	6	3	157.6	945.6000
	Kanan	0.02	0.0131		3		
12	Kiri	0.02	0.0115	6	3	157.6	945.6000
	Kanan	0.02	0.0115		3		
13	Kiri	0.02	0.0080	7.5	3.75	93.3	699.7500
	Kanan	0.02	0.0080		3.75		
14	Kiri	0.02	0.0098	9	4.5	82	738.0000
	Kanan	0.02	0.0098		4.5		
15	Kiri	0.02	0.0081	5	2.5	413	2065.0000
	Kanan	0.02	0.0081		2.5		
16	Kiri	0.02	0.0360	5.2	2.6	196	1019.2000
	Kanan	0.02	0.0360		2.6		
17	Kiri	0.02	0.0360	13.5	6.75	96.5	902.2750
	Kanan	0.02	0.0360		6.75		
18	Kiri	0.02	0.0209	12.2	6.1	144	1756.8000
	Kanan	0.02	0.0209		6.1		
19	Kiri	0.02	0.0209	7	3.5	107	902.8600
	Kanan	0.02	0.0209		3.5		
20	Kiri	0.02	0.0107	12	6	371	4452.0000
	Kanan	0.02	0.0107		6		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.19. Lanjutan

No Jalan	Ruas Jalan	kemiringan melintang (Sc)	Kemiringan memanjang (i)	Lebar total badan jalan	Lebar sisi jalan (Wc)	Panjang Jalan (L)	Luas Jalan (A)
		(%)	(%)	(m)	(m)	(m)	(m ²)
21	Kiri	0.02	0.0142	12	6	284	3408.0000
	Kanan	0.02	0.0142		6		
22	Kiri	0.02	0.0058	6.5	3.25	87	565.5000
	Kanan	0.02	0.0058		3.25		
23	Kiri	0.02	0.0456	6	3	45.5	273.0000
	Kanan	0.02	0.0456		3		
24	Kiri	0.02	0.0176	12.5	6.25	92	1150.0000
	Kanan	0.02	0.0176		6.25		
25	Kiri	0.02	0.0022	4	2	81	324.0000
	Kanan	0.02	0.0022		2		
26	Kiri	0.02	0.0484	4	2	87.5	350.0000
	Kanan	0.02	0.0484		2		
27	Kiri	0.02	0.0142	7	3.5	20	140.0000
	Kanan	0.02	0.0142		3.5		
28	Kiri	0.02	0.0170	25	12.5	66.5	1662.5000
	Kanan	0.02	0.0170		12.5		
29	Kiri	0.02	0.0360	15.5	7.75	107	1658.5000
	Kanan	0.02	0.0360		7.75		
30	Kiri	0.02	0.0074	13.8	6.9	185.6	2561.2800
	Kanan	0.02	0.0074		6.9		
31	Kiri	0.02	0.0409	5	2.5	44.7	223.5000
	Kanan	0.02	0.0409		2.5		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.20. Debit Limpasan Kala Ulang 2 tahun

No Jalan	Koefisien Aspal (C)	Koefisien Retensi (Cs)	Intensitas (I)	Luas (A)		Debit (Q)
			(mm/jm)	(m ²)	(ha)	(m ³ /dt)
1	0.9	0.8	23.1184	241.5000	0.0242	0.0011
2	0.9	0.8	23.1184	1535.0230	0.1535	0.0071
3	0.9	0.8	23.1184	828.6100	0.0829	0.0038
4	0.9	0.8	23.1184	694.1300	0.0694	0.0032
5	0.9	0.8	23.1184	627.0000	0.0627	0.0029
6	0.9	0.8	23.1184	509.1500	0.0509	0.0024
7	0.9	0.8	23.1184	566.7400	0.0567	0.0026
8	0.9	0.8	23.1184	801.1400	0.0801	0.0037
9	0.9	0.8	23.1184	1769.4180	0.1769	0.0082
10	0.9	0.8	23.1184	208.5750	0.0209	0.0010
11	0.9	0.8	23.1184	472.8000	0.0473	0.0022
12	0.9	0.8	23.1184	472.8000	0.0473	0.0022
13	0.9	0.8	23.1184	349.8750	0.0350	0.0016
14	0.9	0.8	23.1184	369.0000	0.0369	0.0017
15	0.9	0.8	23.1184	1032.5000	0.1033	0.0048
16	0.9	0.8	23.1184	509.6000	0.0510	0.0024
17	0.9	0.8	23.1184	451.1375	0.0451	0.0021
18	0.9	0.8	23.1184	878.4000	0.0878	0.0041
19	0.9	0.8	23.1184	451.4300	0.0451	0.0021
20	0.9	0.8	23.1184	2226.0000	0.2226	0.0103
21	0.9	0.8	23.1184	1704.0000	0.1704	0.0079
22	0.9	0.8	23.1184	282.7500	0.0283	0.0013
23	0.9	0.8	23.1184	136.5000	0.0137	0.0006
24	0.9	0.8	23.1184	575.0000	0.0575	0.0027
25	0.9	0.8	23.1184	162.0000	0.0162	0.0007
26	0.9	0.8	23.1184	175.0000	0.0175	0.0008
27	0.9	0.8	23.1184	70.0000	0.0070	0.0003
28	0.9	0.8	23.1184	831.2500	0.0831	0.0038
29	0.9	0.8	23.1184	829.2500	0.0829	0.0038
30	0.6	0.8	23.1184	1280.6400	0.1281	0.0039
31	0.9	0.8	23.1184	111.7500	0.0112	0.0005

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.21. Debit Limpasan Kala Ulang 5 tahun

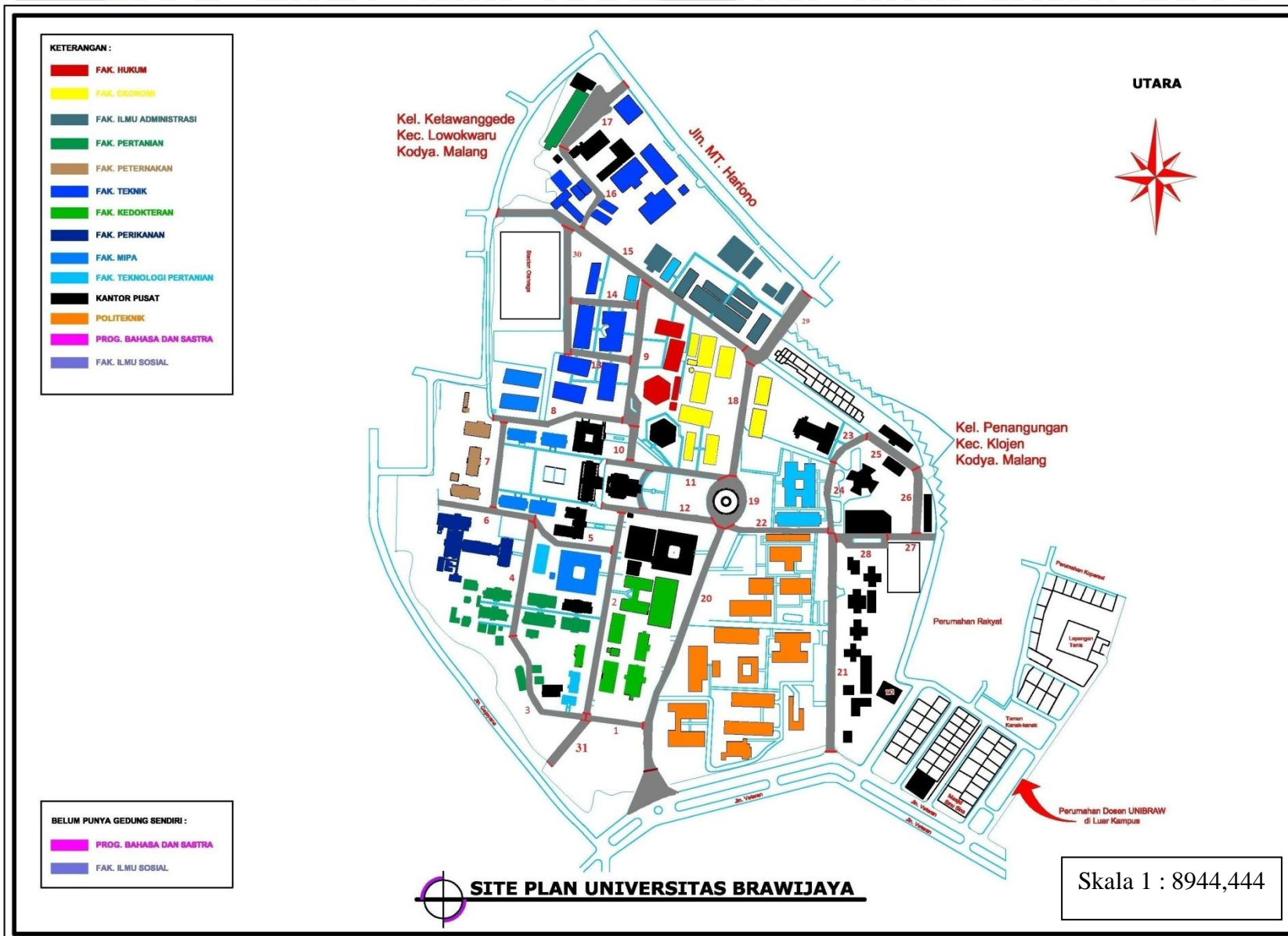
No Jalan	Koefisien Aspal (C)	Koefisien Retensi (Cs)	Intensitas (I)	Luas (A)		Debit (Q)
			(mm/jm)	(m ²)	(ha)	(m ³ /dt)
1	0.9	0.8	28.9185	241.5000	0.0242	0.0014
2	0.9	0.8	28.9185	1535.0230	0.1535	0.0089
3	0.9	0.8	28.9185	828.6100	0.0829	0.0048
4	0.9	0.8	28.9185	694.1300	0.0694	0.0040
5	0.9	0.8	28.9185	627.0000	0.0627	0.0036
6	0.9	0.8	28.9185	509.1500	0.0509	0.0029
7	0.9	0.8	28.9185	566.7400	0.0567	0.0033
8	0.9	0.8	28.9185	801.1400	0.0801	0.0046
9	0.9	0.8	28.9185	1769.4180	0.1769	0.0102
10	0.9	0.8	28.9185	208.5750	0.0209	0.0012
11	0.9	0.8	28.9185	472.8000	0.0473	0.0027
12	0.9	0.8	28.9185	472.8000	0.0473	0.0027
13	0.9	0.8	28.9185	349.8750	0.0350	0.0020
14	0.9	0.8	28.9185	369.0000	0.0369	0.0021
15	0.9	0.8	28.9185	1032.5000	0.1033	0.0060
16	0.9	0.8	28.9185	509.6000	0.0510	0.0029
17	0.9	0.8	28.9185	451.1375	0.0451	0.0026
18	0.9	0.8	28.9185	878.4000	0.0878	0.0051
19	0.9	0.8	28.9185	451.4300	0.0451	0.0026
20	0.9	0.8	28.9185	2226.0000	0.2226	0.0129
21	0.9	0.8	28.9185	1704.0000	0.1704	0.0099
22	0.9	0.8	28.9185	282.7500	0.0283	0.0016
23	0.9	0.8	28.9185	136.5000	0.0137	0.0008
24	0.9	0.8	28.9185	575.0000	0.0575	0.0033
25	0.9	0.8	28.9185	162.0000	0.0162	0.0009
26	0.9	0.8	28.9185	175.0000	0.0175	0.0010
27	0.9	0.8	28.9185	70.0000	0.0070	0.0004
28	0.9	0.8	28.9185	831.2500	0.0831	0.0048
29	0.9	0.8	28.9185	829.2500	0.0829	0.0048
30	0.6	0.8	28.9185	1280.6400	0.1281	0.0049
31	0.9	0.8	28.9185	111.7500	0.0112	0.0006

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.22. Debit Limpasan Kala Ulang 10 tahun

No Jalan	Koefisien Aspal (C)	Koefisien Retensi (Cs)	Intensitas (I)	Luas (A)		Debit (Q)
			(mm/jm)	(m ²)	(ha)	(m ³ /dt)
1	0.9	0.8	33.1657	241.5000	0.0242	0.0016
2	0.9	0.8	33.1657	1535.0230	0.1535	0.0102
3	0.9	0.8	33.1657	828.6100	0.0829	0.0055
4	0.9	0.8	33.1657	694.1300	0.0694	0.0046
5	0.9	0.8	33.1657	627.0000	0.0627	0.0042
6	0.9	0.8	33.1657	509.1500	0.0509	0.0034
7	0.9	0.8	33.1657	566.7400	0.0567	0.0038
8	0.9	0.8	33.1657	801.1400	0.0801	0.0053
9	0.9	0.8	33.1657	1769.4180	0.1769	0.0117
10	0.9	0.8	33.1657	208.5750	0.0209	0.0014
11	0.9	0.8	33.1657	472.8000	0.0473	0.0031
12	0.9	0.8	33.1657	472.8000	0.0473	0.0031
13	0.9	0.8	33.1657	349.8750	0.0350	0.0023
14	0.9	0.8	33.1657	369.0000	0.0369	0.0024
15	0.9	0.8	33.1657	1032.5000	0.1033	0.0068
16	0.9	0.8	33.1657	509.6000	0.0510	0.0034
17	0.9	0.8	33.1657	451.1375	0.0451	0.0030
18	0.9	0.8	33.1657	878.4000	0.0878	0.0058
19	0.9	0.8	33.1657	451.4300	0.0451	0.0030
20	0.9	0.8	33.1657	2226.0000	0.2226	0.0148
21	0.9	0.8	33.1657	1704.0000	0.1704	0.0113
22	0.9	0.8	33.1657	282.7500	0.0283	0.0019
23	0.9	0.8	33.1657	136.5000	0.0137	0.0009
24	0.9	0.8	33.1657	575.0000	0.0575	0.0038
25	0.9	0.8	33.1657	162.0000	0.0162	0.0011
26	0.9	0.8	33.1657	175.0000	0.0175	0.0012
27	0.9	0.8	33.1657	70.0000	0.0070	0.0005
28	0.9	0.8	33.1657	831.2500	0.0831	0.0055
29	0.9	0.8	33.1657	829.2500	0.0829	0.0055
30	0.6	0.8	33.1657	1280.6400	0.1281	0.0057
31	0.9	0.8	33.1657	111.7500	0.0112	0.0007

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.8. Pembagian ruas jalan kampus Universitas Brawijaya

4.2.3. Limpasan Lahan

Karakter tata guna lahan pada kampus Universitas Brawijaya yang dianalisa meliputi jenis tata guna lahan dan koefisien pengaliran rerata. Tahapan dalam pengerjaan adalah menentukan luas tata guna lahan, jenis penutup lahan, koefisien pada setiap lahan tersebut dan debit limpasan lahan. Dimana pada perhitungan debit limpasan lahan Universitas Brawijaya digunakan tata guna lahan tahun 2011.

4.2.3.1. Metode Rasional Modifikasi

Metode rasional modifikasi merupakan pengembangan dari metode rasional untuk intensitas curah hujan yang lebih lama dari waktu konsentrasi. Metode ini telah dikembangkan sehingga konsep metode rasional modifikasi ini dapat menghasilkan hidrograf untuk memperhitungkan koefisien limpasan, koefisien tampungan, intensitas hujan dan luas daerah aliran dalam menghitung debit limpasan.

Rumus yang digunakan adalah:(Hindarko,2000:47)

$$Q = 0,00278 \cdot C_s \cdot C \cdot I \cdot A$$

dengan :

Q = Debit puncak (m^3/dt)

I = Intensitas hujan rata-rata (mm/jam)

A = Daerah tangkapan (ha)

C = Koefisien pengaliran

C_s = Koefisien tampungan

4.2.3.2. Koefisien Pengaliran

Penentuan nilai koefisien pengaliran suatu daerah yang terdiri dari beberapa tata guna lahan dilakukan dengan mengambil angka rata-rata koefisien pengaliran dari setiap tata guna lahan dengan menghitung bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya. Adapun cara perhitungannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suhardjono, 1984:23):

$$C_m = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dengan :

C_m = Koefisien pengaliran rata-rata.

C_1, C_2, \dots, C_n = Koefisien pengaliran yang sesuai kondisi permukaan.

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah pengaliran yang disesuaikan kondisi permukaan. C adalah variabel yang paling sulit diperkirakan dengan tepat, harga ini diambil pada perencanaan yang didasarkan pada perkembangan tata guna lahan tanah terakhir.

Berikut merupakan contoh perhitungan debit limpasan lahan yang membebani saluran M2 dengan kala ulang 5 tahun:

- Luas lahan = 34452.0227 m^2
- Luas atap bangunan = $12390,4902 \text{ m}^2$
- Luas sisa lahan = Luas lahan – Luas atap bangunan
= $34452.0227 - 12390,4902$
= $22061,5325 \text{ m}^2$
= $2,2061 \text{ ha}$
- Luas lahan terbuka = $37\% \times$ Luas sisa lahan
= $0,37 \times 22061,5325$
= $8162,767 \text{ m}^2$
- Luas paving = $3\% \times$ Luas sisa lahan
= $0,03 \times 22061,5325$
= $661,846 \text{ m}^2$
- Luas aspal = $60\% \times$ Luas sisa lahan
= $0,6 \times 22061,5325$
= $13236,92 \text{ m}^2$
- Menentukan koefisien rerata :
 - lahan terbuka = $C_{\text{Lahan terbuka}} \times$ Luas lahan terbuka
= $0,25 \times 8162,767$
= $2040,692 \text{ m}^2$
 - Paving = $C_{\text{Paving}} \times$ Luas paving
= $0,6 \times 661,846$
= $397,108 \text{ m}^2$
 - Aspal = $C_{\text{Aspal}} \times$ Luas aspal
= $0,9 \times 13236,92$
= $11913,228 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}\text{Koefisien rerata } (C_{\text{rerata}}) &= (\text{Lahan terbuka} + \text{Paving} + \text{Aspal}) / \text{Luas sisa lahan} \\ &= (2040,692 + 397,108 + 11913,228) / 22061,5325 \\ &= 0,651\end{aligned}$$

$$\text{Koefisien retensi } (C_s) = 0,8$$

$$\begin{aligned}\text{Intensitas } (I) &= \frac{R_t}{t} \\ &= \frac{115.674}{4}\end{aligned}$$

$$= 28,919 \text{ mm/jm}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit limpasan } (Q_{5\text{th}}) &= 0,002778 \times C \times C_s \times I \times A \\ &= 0,002778 \times 0,651 \times 0,8 \times 28,919 \times 2,2061 \\ &= 0,0922 \text{ m}^3/\text{dt}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.23.



Tabel 4.23. Perhitungan koefisien rerata

No	Nama Saluran	Luas Bangunan	Luas lahan	Luas sisa lahan	Luas Lahan (m ²)			Luas Total	koefisien (C)			Koefisien rerata
		m ²	m ²	m ²	Lahan Terbuka	Paving	Aspal		Lahan Terbuka	Paving	Aspal	
1	C 4.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	C 5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	C 14		15748.1433		15748.1433			15748.1433	0.2500	0.6000	0.9000	0.2500
4	C 3.1	1962.7254	6663.5162	4700.7908	2021.3400	2679.4508		4700.7908	0.2500	0.6000	0.9000	0.4495
5	C 3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	C 3.3 L	3092.0597	6469.5704	3377.5107	2972.2094	405.3013		3377.5107	0.2500	0.6000	0.9000	0.2920
7	C 3.3 R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	C 3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	C 3.5 L	5951.0825	12835.2754	6884.1929	5713.8801	1170.3128		6884.1929	0.2500	0.6000	0.9000	0.3095
10	C 3.5 R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	C 3.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	C 11	1297.4644	4495.7704	3198.3060	639.6612	2558.6448		3198.3060	0.2500	0.6000	0.9000	0.5300
13	C 3.7 L	8499.2714	30322.4444	21823.1730	11129.8182	3928.1711	6765.1836	21823.1730	0.2500	0.6000	0.9000	0.5145
14	C 3.7 R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	C 3.8 R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	C 3.8 L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	C 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	C 10.6 L	3310.3380	11556.9600	8246.6220	989.5946	2556.4528	4700.5745	8246.6220	0.2500	0.6000	0.9000	0.7290
19	C 10.6 R	6110.9345	9652.7147	3541.7802	1841.7257	1700.0545		3541.7802	0.2500	0.6000	0.9000	0.4180
20	C 10.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	C 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	M 9	10475.8000	59411.8682	48936.0682	34744.6084	2936.1641	11255.2957	48936.0682	0.2500	0.6000	0.9000	0.4205

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.23. Lanjutan

No	Nama Saluran	Luas Bangunan	Luas lahan	Luas sisa lahan	Luas Lahan (m ²)			Luas Total	koefisien (C)			Koefisien rerata
		m ²	m ²	m ²	Lahan Terbuka	Paving	Aspal		Lahan Terbuka	Paving	Aspal	C _{rerata}
23	C 10.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	C 10.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	C 10.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	C 10.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	C 10.5	5981.8670	16666.9980	10685.1310	7265.8891	747.9592	2671.2828	10685.1310	0.2500	0.6000	0.9000	0.4370
28	C 10.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	M 10	6274.3613	18724.1837	12449.8224	9461.8650		2987.9574	12449.8224	0.2500	0.6000	0.9000	0.4060
30	C 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	C 6.1	3474.2399	11697.9146	8223.6747	5838.8090	2384.8657		8223.6747	0.2500	0.6000	0.9000	0.3515
32	C 6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	C 7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	C 7.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	C 16	6109.1515	19097.2340	12988.0825	10909.9893	2078.0932		12988.0825	0.2500	0.6000	0.9000	0.3060
36	C 12.1	1710.9528	4302.6656	2591.7128	2254.7901	336.9227		2591.7128	0.2500	0.6000	0.9000	0.2955
37	C 12.2		7224.0196		4045.4510	3178.5686		7224.0196	0.2500	0.6000	0.9000	0.4040
38	C 8.1	3175.5542	8618.6240	5443.0698	4735.4707	707.5991		5443.0698	0.2500	0.6000	0.9000	0.2955
39	C 8.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	C 8.3	7813.7219	28711.6351	20897.9132	17763.2262	626.9374	2507.7496	20897.9132	0.2500	0.6000	0.9000	0.3385
41	C 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	C 8.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	C 8.5	579.5688	5195.4198	4615.8510	4615.8510			4615.8510	0.2500	0.6000	0.9000	0.2500
44	C 2	1721.4378	13360.3890	11638.9512	7332.5393	4306.4119		11638.9512	0.2500	0.6000	0.9000	0.3795
45	C 1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	C 1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	M3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	M2	12390.4902	34452.0227	22061.5325	8162.7670	661.8460	13236.9195	22061.5325	0.2500	0.6000	0.9000	0.6505
49	M1		6661.4374		6661.4374			6661.4374	0.2500	0.6000	0.9000	0.2500

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.24. Perhitungan debit limpasan lahan

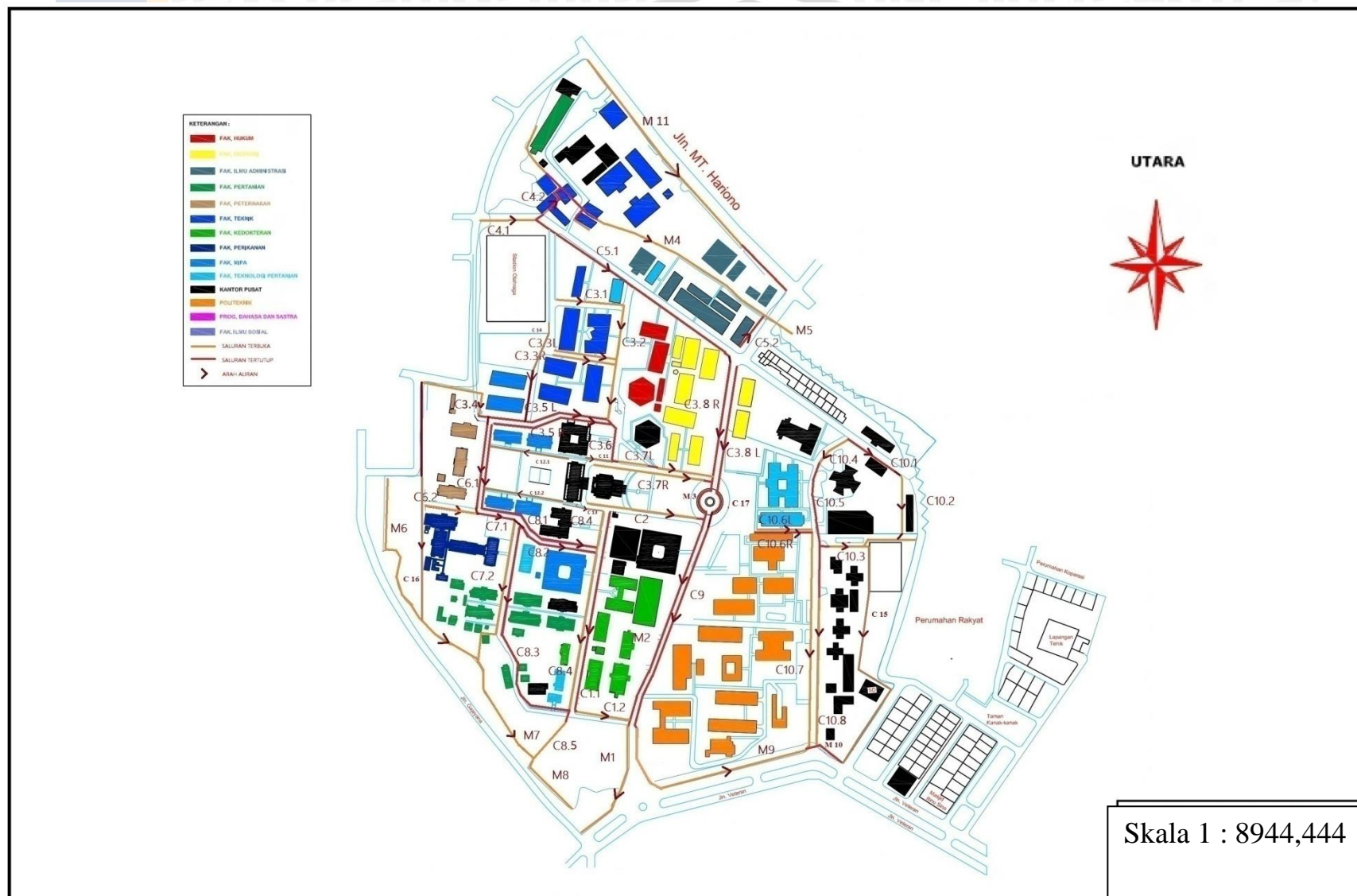
No	Nama Saluran	Luas Bangunan	Luas lahan	Luas sisa lahan		Koefisien rerata	Koefisien Retensi	Intensitas (mm/jm)			Q Limpasan Lahan (M ³ /dt)			
		m ²	m ²	m ²	ha	C _{rerata}	Cs	2th	5th	10th	2th	5th	10th	
1	C 4.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	C 5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	C 14		15748.1433	15748.1433	1.5748	0.2500	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0202	0.0253	0.0290	
4	C 3.1	1962.7254	6663.5162	4700.7908	0.4701	0.4495	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0109	0.0136	0.0156	
5	C 3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	C 3.3 L	3092.0597	6469.5704	3377.5107	0.3378	0.2920	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0051	0.0063	0.0073	
7	C 3.3 R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	C 3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	C 3.5 L	5951.0825	12835.2754	6884.1929	0.6884	0.3095	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0109	0.0137	0.0157	
10	C 3.5 R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	C 3.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	C 11	1297.4644	4495.7704	3198.3060	0.3198	0.5300	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0087	0.0109	0.0125	
13	C 3.7 L	8499.2714	30322.4444	21823.1730	2.1823	0.5145	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0577	0.0722	0.0828	
14	C 3.7 R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	C 3.8 R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	C 3.8 L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	C 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	C 10.6 L	3310.3380	11556.9600	8246.6220	0.8247	0.7290	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0309	0.0386	0.0443	
19	C 10.6 R	6110.9345	9652.7147	3541.7802	0.3542	0.4180	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0076	0.0095	0.0109	
20	C 10.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	C 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	M 9	10475.8000	59411.8682	48936.0682	4.8936	0.4205	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.1057	0.1322	0.1517	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.24. Lanjutan

No	Nama Saluran	Luas Bangunan	Luas lahan	Luas sisa lahan		Koefisien rerata	Koefisien Retensi	Intensitas (mm/jm)			Q Limpasan Lahan (M ³ /dt)			
		m ²	m ²	m ²	ha	C _{rerata}	C _s	2th	5th	10th	2th	5th	10th	
23	C 10.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	C 10.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	C 10.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	C 10.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	C 10.5	5981.8670	16666.9980	10685.1310	1.0685	0.4370	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0240	0.0300	0.0344	
28	C 10.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	M 10	6274.3613	18724.1837	12449.8224	1.2450	0.4060	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0260	0.0325	0.0373	
30	C 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	C 6.1	3474.2399	11697.9146	8223.6747	0.8224	0.3515	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0149	0.0186	0.0213	
32	C 6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	C 7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	C 7.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	C 16	6109.1515	19097.2340	12988.0825	1.2988	0.3060	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0204	0.0255	0.0293	
36	C 12.1	1710.9528	4302.6656	2591.7128	0.2592	0.2955	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0039	0.0049	0.0056	
37	C 12.2	-	7224.0196	7224.0196	0.7224	0.4040	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0150	0.0188	0.0215	
38	C 8.1	3175.5542	8618.6240	5443.0698	0.5443	0.2955	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0083	0.0103	0.0119	
39	C 8.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	C 8.3	7813.7219	28711.6351	20897.9132	2.0898	0.3385	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0363	0.0455	0.0521	
41	C 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	C 8.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	C 8.5	579.5688	5195.4198	4615.8510	0.4616	0.2500	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0059	0.0074	0.0085	
44	C 2	1721.4378	13360.3890	11638.9512	1.1639	0.3795	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0227	0.0284	0.0326	
45	C 1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	C 1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	M3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	M2	12390.4902	34452.0227	22061.5325	2.2062	0.6505	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0737	0.0922	0.1058	
49	M1	-	6661.4374	6661.4374	0.6661	0.2500	0.8000	23.1184	28.9185	33.1657	0.0086	0.0107	0.0123	

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.9. Peta tata guna lahan dan saluran drainase kampus Universitas Brawijaya

4.2.4. Analisis Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Analisis kapasitas saluran drainase eksisting bertujuan untuk mengetahui kemampuan saluran drainase dalam menampung debit yang ada, sekaligus untuk mengetahui volume limpasan yang tereduksi oleh saluran drainase. Kapasitas saluran drainase eksisting ini selanjutnya dibandingkan dengan kapasitas saluran drainase rencana.

Apabila didapatkan kapasitas saluran drainase eksisting lebih besar daripada kapasitas saluran drainase rencana, maka saluran drainase masih bisa menampung debit yang ada. Dan sebaliknya maka saluran drainase eksisting perlu adanya perbaikan atau peninjauan ulang pada lapangan guna mengetahui penyebab saluran drainase tidak mampu menampung debit rencana.

Contoh perhitungan saluran drainase dengan bentuk segi empat dan trapesium sebagai berikut :

a. Saluran segi empat

Contoh perhitungan saluran C 3.5 L depan jurusan matematika

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 0,7 \times 0,184 \\ &= 0,129 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h \\ &= 0,7 + 2 \cdot 0,184 \\ &= 1,068 \text{ m} \end{aligned}$$

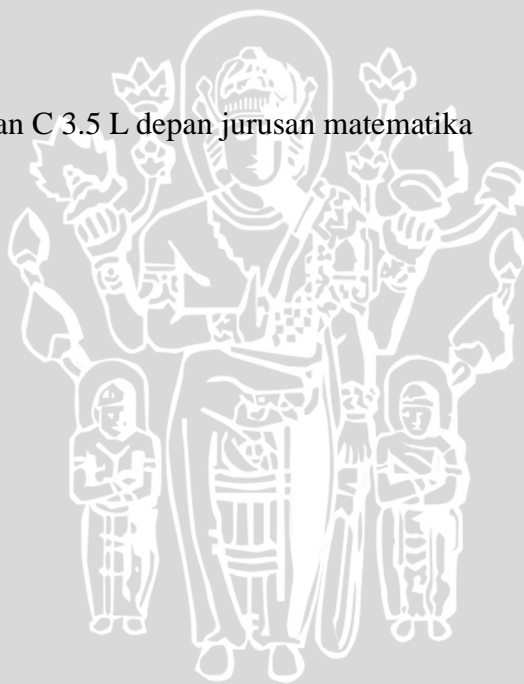
$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0,129}{1,068} \\ &= 0,121 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan $S = 0,004$ dan $n = 0,017$, maka

$$\begin{aligned} V_{\text{sal}} &= \frac{1}{0,017} \times 0,121^{2/3} \times 0,004^{1/2} \\ &= 0,918 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{sal}} &= A \times V \\ &= 0,129 \times 0,918 \\ &= 0,118 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$Q_{5\text{th}} = 0,123 \text{ m}^3/\text{detik}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Analisa kapasitas saluran} &= Q_{5\text{th}} - Q_{\text{sal}} \\
 &= 0,123 - 0,118 \\
 &= 0,0048 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Jadi debit limpasan yang tidak mampu tereduksi sebesar 0,0048 m³/detik. Luasan tergenang sebesar 508,532 maka tinggi genangan dengan durasi hujan selama 4 jam adalah 0,135 meter.

b. Saluran Trapesium

Contoh perhitungan saluran M2 depan Fakultas Kedokteran

$$\begin{aligned}
 A &= (b+zh)h \\
 &= (0,6+0,2 \cdot 0,8) \cdot 0,8 \\
 &= 0,608 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= b + 2h\sqrt{1+z^2} \\
 &= 0,6 + 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{1+0,2^2} \\
 &= 2,232 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{A}{p} \\
 &= \frac{0,608}{2,232} \\
 &= 0,272 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dengan S = 0,011 dan n= 0,018, maka

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sal}} &= \frac{1}{0,018} \times 2,232^{2/3} \times 0,011^{1/2} \\
 &= 2,362 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sal}} &= A \times V \\
 &= 0,608 \times 2,362 \\
 &= 1,436 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

$$Q_{5\text{th}} = 0,595 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Analisa kapasitas saluran} &= Q_{\text{sal}} - Q_{5\text{th}} \\
 &= 1,436 - 0,595 \\
 &= 0,841 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Jadi debit limpasan rancangan 5 tahun masih dapat tertampung oleh saluran eksisting.

Tabel 4.25. Perhitungan Analisa Kapasitas Saluran Kala Ulang 5 tahun

No	Nama saluran	Debit atap (m ³ /det)	Debit jalan (m ³ /det)	Debit lahan (m ³ /det)	Debit Total (m ³ /det)	Beban Saluran (m ³ /det)	Dimensi saluran						V (m/s)	Q saluran (m ³ /det)	Analisa kapasitas saluran	Genangan (m ³ /det)	
							B	H	A	P	R	Kemiringan saluran (I)					
							(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)					n _{eq}	
1	C 4.1		0.001	0.113	0.114	0.114	0.900	1.100	0.990	3.100	0.319	0.018	0.008	2.273	2.250	memenuhi	
2	C 5.1		0.005		0.005	0.062	0.600	0.800	0.480	2.200	0.218	0.019	0.008	1.754	0.842	memenuhi	
3	C 14	0.017	0.005	0.025	0.047	0.047	0.500	0.940	0.823	2.525	0.326	0.014	0.020	4.843	3.988	memenuhi	
4	C 3.1	0.010	0.002	0.014	0.026	0.026	0.750	0.450	0.338	1.650	0.205	0.014	0.003	1.273	0.430	memenuhi	
5	C 3.2		0.010		0.010	0.076	0.500	0.650	0.287	2.017	0.142	0.014	0.018	2.639	0.757	memenuhi	
6	C 3.3 L	0.016	0.002	0.006	0.024	0.024	0.300	0.560	0.231	1.442	0.160	0.019	0.006	1.253	0.289	memenuhi	
7	C 3.3 R	0.013	0.002		0.015	0.015	0.300	0.550	0.165	1.400	0.118	0.019	0.007	1.093	0.180	memenuhi	
8	C 3.4	0.001		0.113	0.115	0.115	0.450	0.600	0.324	1.663	0.195	0.018	0.014	2.148	0.696	memenuhi	
9	C 3.5 L		0.005	0.014	0.018	0.123	0.700	0.184	0.129	1.068	0.121	0.016	0.004	0.918	0.118	tidak memenuhi	0.0048
10	C 3.5 R		0.005		0.005	0.005	0.400	0.590	0.271	1.586	0.171	0.019	0.002	0.748	0.203	memenuhi	
11	C 3.6		0.001		0.001	0.204	0.400	0.590	0.271	1.586	0.171	0.019	0.002	0.748	0.203	tidak memenuhi	0.0018
12	C 11	0.007	0.001	0.011	0.018	0.018	0.450	0.670	0.324	1.792	0.181	0.019	0.019	2.336	0.757	memenuhi	
13	C 3.7 L	0.030	0.002	0.072	0.104	0.327	0.400	1.000	0.525	2.416	0.217	0.019	0.010	1.924	1.010	memenuhi	
14	C 3.7 R		0.003		0.003	0.003	0.450	0.520	0.261	1.495	0.175	0.018	0.011	1.795	0.469	memenuhi	
15	C 3.8 R	0.019	0.005		0.024	0.086	0.400	0.600	0.258	1.601	0.161	0.019	0.021	2.290	0.591	memenuhi	
16	C 3.8 L	0.011	0.005		0.016	0.016	0.350	0.320	0.125	0.995	0.125	0.018	0.021	2.020	0.252	memenuhi	
17	C 17		0.003		0.003	0.019	0.400	0.600	0.294	1.613	0.182	0.019	0.004	1.120	0.329	memenuhi	
18	C 10.6 L		0.002	0.039	0.040	0.040	0.350	0.480	0.168	1.310	0.128	0.014	0.004	1.085	0.182	memenuhi	
19	C 10.6 R	0.017	0.002	0.010	0.028	0.028	0.500	0.410	0.205	1.320	0.155	0.014	0.004	1.367	0.280	memenuhi	
20	C 10.7		0.010		0.010	0.078	0.300	0.650	0.237	1.606	0.148	0.014	0.018	2.659	0.631	memenuhi	
21	C 9		0.013		0.013	0.032	0.500	0.580	0.340	1.673	0.204	0.018	0.011	1.975	0.672	memenuhi	
22	M 9	0.054		0.132	0.186	0.218	0.900	0.900	0.810	2.700	0.300	0.018	0.004	1.554	1.258	memenuhi	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.25. Lanjutan

No	Nama saluran	Debit atap (m ³ /det)	Debit jalan (m ³ /det)	Debit lahan (m ³ /det)	Debit Total (m ³ /det)	Beban Saluran (m ³ /det)	Dimensi saluran						V (m/s)	Q saluran (m ³ /det)	Analisa kapasitas saluran	Genangan (m ³ /det)	
							B	H	A	P	R	Kemiringan saluran (I)					
							(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)						n _{eq}
23	C 10.1	0.002	0.001		0.003	0.003	0.400	0.280	0.116	0.961	0.121	0.018	0.002	0.646	0.075	memenuhi	
24	C 10.2	0.003	0.001		0.004	0.006	0.350	0.440	0.164	1.231	0.133	0.018	0.054	3.287	0.538	memenuhi	
25	C 10.3	0.037	0.005		0.042	0.048	0.650	0.750	0.572	2.167	0.264	0.018	0.014	2.676	1.530	memenuhi	
26	C 10.4	0.020	0.001		0.021	0.021	0.400	0.240	0.110	0.895	0.123	0.017	0.046	3.044	0.336	memenuhi	
27	C 10.5	0.005	0.003	0.030	0.039	0.060	0.450	0.410	0.185	1.270	0.145	0.018	0.018	2.025	0.374	memenuhi	
28	C 10.8	0.020	0.010		0.030	0.090	0.250	0.370	0.106	0.994	0.107	0.019	0.016	1.506	0.160	memenuhi	
29	M 10			0.032	0.032	0.479	0.400	0.750	0.413	1.930	0.214	0.019	0.016	2.419	0.998	memenuhi	
30	C 15	0.012			0.012	0.061	0.500	0.610	0.342	1.726	0.198	0.018	0.014	2.147	0.735	memenuhi	
31	C 6.1	0.017	0.003	0.019	0.038	0.096	0.400	0.450	0.210	1.310	0.161	0.018	0.015	1.946	0.409	memenuhi	
32	C 6.2		0.002		0.002	0.058	0.500	0.780	0.390	2.060	0.189	0.019	0.010	1.779	0.694	memenuhi	
33	C 7.1		0.001		0.001	0.155	0.500	0.500	0.300	1.520	0.197	0.018	0.010	1.835	0.551	memenuhi	
34	C 7.2	0.016	0.004		0.020	0.098	0.350	0.300	0.306	2.209	0.139	0.012	0.014	2.637	0.808	memenuhi	
35	C 16	0.015		0.026	0.040	0.097	0.400	0.510	0.230	1.425	0.161	0.018	0.015	1.932	0.444	memenuhi	
36	C 12.1	0.009		0.005	0.014	0.014	0.400	0.550	0.220	1.500	0.147	0.014	0.001	0.503	0.111	memenuhi	
37	C 12.2			0.019	0.019	0.019	0.400	0.550	0.220	1.500	0.147	0.014	0.002	0.888	0.195	memenuhi	
38	C 8.1	0.016	0.010	0.010	0.037	0.069	0.300	0.550	0.210	1.412	0.149	0.019	0.009	1.443	0.304	memenuhi	
39	C 8.2		0.004		0.004	0.042	0.300	0.450	0.165	1.210	0.137	0.019	0.005	1.008	0.167	memenuhi	
40	C 8.3	0.020	0.009	0.045	0.074	0.113	0.400	0.620	0.286	1.646	0.174	0.019	0.015	2.019	0.578	memenuhi	
41	C 13	0.003	0.001		0.004	0.004	0.300	0.630	0.229	1.566	0.146	0.019	0.006	1.133	0.259	memenuhi	
42	C 8.4	0.020	0.009		0.029	0.145	0.450	0.730	0.382	1.917	0.199	0.019	0.013	2.099	0.801	memenuhi	
43	C 8.5	0.002	0.001	0.007	0.010	0.268	0.300	0.500	0.175	1.305	0.134	0.019	0.041	2.826	0.495	memenuhi	
44	C 2	0.006	0.003	0.028	0.037	0.037	0.400	0.500	0.225	1.405	0.160	0.018	0.009	1.508	0.339	memenuhi	
45	C 1.1	0.027	0.009		0.036	0.036	0.500	0.650	0.325	1.800	0.181	0.019	0.013	1.928	0.626	memenuhi	
46	C 1.2		0.001		0.001	0.037	0.300	0.360	0.098	1.191	0.083	0.014	0.013	1.556	0.153	memenuhi	
47	M3		0.003		0.003	0.418	0.700	0.900	0.731	2.514	0.291	0.018	0.006	1.779	1.301	memenuhi	
48	M2	0.037	0.011	0.092	0.140	0.595	0.600	0.800	0.608	2.232	0.272	0.018	0.011	2.362	1.436	memenuhi	
49	M1		0.002	0.011	0.012	0.645	0.600	0.700	0.494	2.016	0.245	0.018	0.025	3.348	1.652	memenuhi	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan analisis kapasitas saluran diatas terdapat 2 titik yang mengalami genangan antara lain saluran C3.5L dan C3.6 dengan debit yang melimpas sebesar $0,0048 \text{ m}^3$ dan $0,0018 \text{ m}^3$, luasan genangan sebesar 508,532 dan 318,912, ketinggian genangan sebesar 0,135 dan 0,08 meter. Sedimentasi berupa tanah dan sampah menjadi penyebab kapasitas saluran berkurang sehingga beban yang seharusnya mampu dipikul saluran menjadi berlebih dan mengakibatkan terjadi genangan. Untuk mengatasi masalah tersebut solusi yang pertama adalah menormalisasi kembali kapasitas saluran dengan tetap menggunakan konsep drainase konvensional dan solusi yang kedua menggunakan konsep baru yaitu *Underdrain Box Storage*, dimana konsep ini berwawasan lingkungan (*eco drainage*). Dari kedua solusi tersebut dipilih solusi yang kedua karena selain mengatasi masalah genangan *Underdrain Box Storage* juga meningkatkan resapan air. Selain pada daerah yang tergenang saluran yang lain juga diterapkan konsep ini karena tujuan utama dari penelitian adalah konservasi sumber daya air.

4.2.5. Perencanaan *Underdrain Box Storage*

Underdrain Box Storage merupakan konsep drainasi ramah lingkungan yang dikemukakan oleh Ir. Dwi Priyantoro, MS, dosen pengajar Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Drainasi ramah lingkungan dalam hal ini didefinisikan sebagai upaya mengelola kelebihan air dengan cara sebesar-besarnya diresapkan ke dalam tanah secara alamiah guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau.

Konstruksi *Underdrain Box Storage* terdiri atas saluran pembuang air hujan, *vertical drain hole* dan *box storage*. Saluran pembuang air hujan berfungsi menerima limpasan permukaan akibat genangan air hujan. *Vertical drain hole* berfungsi untuk meneruskan limpasan air hujan ke dalam *box storage*. Sedangkan *box storage* difungsikan sebagai *long storage* yang menampung limpasan air hujan selanjutnya meresapkan air secara alamiah ke dalam tanah.

4.2.5.1. Analisa Hidrolika *Underdrain Box Storage*

Dalam perencanaan *Underdrain Box Storage* diperlukan analisa hidrolika pada *Vertical drain hole*. Untuk itu diperlukan penelitian aliran melalui lubang agar diperoleh formula yang dapat mempermudah dalam perencanaannya. Pada studi ini penulis mengutip hasil penelitian yang dilakukan oleh saudara Yudo Tri Kuncoro, ST.MT. yang berjudul "*Kapasitas Aliran Pada Lubang Pengisian Tampungan di Bawah Saluran*

Drainase”. Formulasi yang telah beliau hasilkan dijelaskan pada BAB II gambar 2.13 sampai 2.16.

4.2.5.2. Kapasitas Resapan

Konsep perhitungan resapan pada *Underdrain Box Storage* adalah air yang masuk tertampung di dalam *Long Storage* diharapkan meresap kedalam tanah. Faktor yang mempengaruhi resapan air tersebut antara lain faktor geometrik, koefisien permeabilitas tanah, serta kedalaman air tanah. Berikut formula yang digunakan untuk menghitung debit resapan.

$$Q_0 = f.L.K.h$$

dengan :

Q_0 = Debit resapan (m^3/dt)

f = Faktor geometrik saluran per satuan panjang (m/m)

L = Panjang saluran (m)

K = Koefisien permeabilitas tanah (m/s)

H = Kedalaman air *box storage* (m)

Berikut contoh perhitungan *Underdrain Box Storage* pada saluran M2 depan Fakultas Kedokteran :

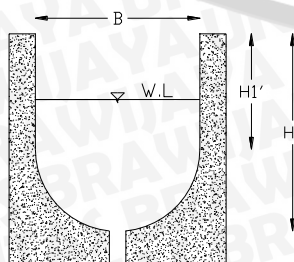


Gambar 4.10. Kondisi saluran M2

A. Besarnya debit total rancangan 5 tahun (atap + jalan+lahan) = $0,595 m^3/det$

B. Perhitungan dimensi *underdrain box-storage*

Direncanakan bentuk saluran adalah segi empat dengan dasar saluran setengah lingkaran, sehingga didapatkan dimensi saluran sebagai berikut:



Gambar 4.11. Dimensi saluran diatas *Box Storage*

$$B_1 = 0,4 \text{ m}$$

$$r = \frac{1}{2} \times B$$

$$H_1 = 0,45 \text{ m}$$

$$H_1' = 0,25 \text{ m}$$

Perencanaan dimensi saluran diatas Box Storage:

a) Luas penampang aliran:

$$\begin{aligned} A_1 &= (B_1 \cdot H_1') + (0,5 \cdot \pi \cdot r^2) \\ &= (0,4 \cdot 0,25) + 0,063 \\ &= 0,163 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

b) Penampang basah:

$$\begin{aligned} P &= (B_1 + (2 \cdot H_1')) + (\pi \cdot r) \\ &= (0,4 + (2 \cdot 0,25)) + (0,628) \\ &= 1,528 \text{ m} \end{aligned}$$

c) Jari-jari hidrolis:

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0,163}{1,528} \\ &= 0,107 \text{ m} \end{aligned}$$

d) Kecepatan aliran:

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,014} \times (0,107)^{2/3} \times (0,007)^{1/2} \\ &= 1,343 \text{ m/det} \end{aligned}$$

e) Debit

$$\begin{aligned} Q_1 &= A \cdot v \\ &= 0,163 \cdot 1,343 \\ &= 0,219 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$



Perencanaan lubang pengisian:

Dengan menggunakan Gambar 2.14. Grafik Hubungan Antara Fr dengan $Q_2/(h_1^5 \cdot g)^{1/2}$ pada BAB II sebagai berikut :

- a) Kedalaman hidrolis:

$$\begin{aligned} D &= \frac{A}{T} \\ &= \frac{0,163}{0,4} \\ &= 0,407 \text{ m} \end{aligned}$$

- b) Kecepatan aliran:

$$v_1 = 1,343 \text{ m/det}$$

- c) Bilangan Froude:

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{v}{\sqrt{g \cdot D}} \\ &= \frac{1,343}{\sqrt{9,81 \times 0,407}} \\ &= 0,672 \end{aligned}$$

Dari grafik hubungan antara Fr dengan $Q_2/(h_1^5 \cdot g)^{1/2}$ didapat:

$$\frac{Q_2}{\sqrt{g \cdot h_1^5}} = 0,031$$

$$Q_2 = 0,013 \text{ m}^3/\text{det}$$

- d) Menghitung diameter lubang :

Dari grafik hubungan antara Fr dengan a/h_1^2 pada gambar 2.16. BAB II dengan Fr = 0,672 didapatkan $a/h_1^2 = 0,023$. untuk $h_1 = 0,45$ m didapatkan luas penampang lubang (a) = 0,005 m². Sehingga didapatkan diameter lubang (d) = 0,077 m.

Perencanaan ruang penampungan (box storage) :

Box storage selain berfungsi untuk menampung volume air hujan juga berfungsi untuk meresapkan air hujan sehingga dapat mengurangi beban pada *main drain*.

Direncanakan dimensi *Box storage* adalah:

$$B_2 = 1,50 \text{ m}$$

$$H_2 = 1,15 \text{ m}$$

$$H_2' = 0,9 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran (L)} = 320 \text{ m}$$

Maka volume air hujan yang bisa tertampung adalah:

$$\begin{aligned} V &= B_2 \cdot H_2' \cdot L \\ &= 1,5 \cdot 0,9 \cdot 320 \\ &= 432 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{Skot Balok}} &= \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot C_v \cdot B \cdot \sqrt{2/3 \cdot g \cdot H^3} \\ &= \frac{2}{3} \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{2/3 \cdot 9,81 \cdot (1,15 - 0,9)^3} \\ &= 0,384 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Waktu yang diperlukan untuk memenuhi tampungan:

$$\begin{aligned} t &= \frac{V}{Q_2} \\ &= \frac{432}{0,013} \\ &= 33230,769 \text{ det} = 9,012 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Untuk mempercepat masuknya air ke dalam tampungan direncanakan waktu pengisian adalah 30 menit, sehingga jumlah lubang yang diperlukan adalah 18 buah lubang. Perhitungan selengkapnya lihat pada lampiran hasil perhitungan 1.

Berikut contoh simulasi efektifitas *Underdrain Box Storage* dalam 4 hari dengan sekali hujan rata-rata selama 4 jam pada saluran M2 :

Diketahui :

lihat grafik hujan pada lampiran 2 data:

$$Q_{5\text{th ruas M2}} = 0,140 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{Hari ke-1}} = 0,008 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{Hari ke-2}} = 0,007 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{Hari ke-3}} = 0,048 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{Hari ke-4}} = 0,097 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned}
 B &= 1,5 \text{ m} \\
 L &= 320 \text{ m} \\
 V_{1(\text{Box})} &= 432 \text{ m} \\
 H_2' &= 0,9 \text{ m} \\
 Q_{2(\text{Lubang})} &= 0,013 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Simulasi hari ke-1:

luas Box Storage :

$$\begin{aligned}
 A &= B.L \\
 &= 1,5.320 \\
 &= 480 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_2 &= Q.t \\
 &= 0,008.14400 \\
 &= 114,464 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{Masuk Box}} &= \frac{V_2}{Q_{\text{Hari ke-1}}} \\
 &= \frac{114,464}{0,008} \\
 &= 14400 \text{ det} = 4 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{Air Box}} &= \frac{V_2}{A} \\
 &= \frac{114,464}{480} \\
 &= 0,238 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit air yang meresap:

Jenis tanah di lokasi perencanaan adalah lanau, dengan nilai permeabilitas (k) = $7,83 \times 10^{-4}$ cm/ detik.

Perhitungan jumlah resapan yang masuk ke dalam tanah dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_0 &= f.L.K.H \\
 &= 1,5.320. 7,83 \times 10^{-4}. 0,238 \\
 &= 0,0009 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{Resapan}} &= \frac{V_2}{Q_0} \\
 &= \frac{114,464}{0,0009} \\
 &= 127713,921 \text{ detik} = 35,476 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

Selang waktu kering atau tidak terjadi hujan antara hujan hari ke-1 dan hari ke-2 adalah 26 Jam maka volume yang dapat diresapkan :

$$\begin{aligned}
 V_3 \text{ (Meresap)} &= (V_2 - ((t_{\text{Resapan}} - t_{\text{Kering}}) \cdot 3600) \cdot Q_0) \\
 &= (114,464 - ((35,476 - 26) \cdot 3600) \cdot 0,0009) \\
 &= 83,889 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_4 \text{ (Tampungan)} &= ((t_{\text{Resapan}} - t_{\text{Kering}}) \cdot 3600) \cdot Q_0 \\
 &= ((35,476 - 26) \cdot 3600) \cdot 0,0009 \\
 &= 30,575 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Simulasi hari ke-2:

luas Box Storage :

$$\begin{aligned}
 A &= B \cdot L \\
 &= 1,5 \cdot 320 \\
 &= 480 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_2 \text{ (Tampungan hari ke-1)} &= 30,575 \text{ m}^3 \\
 V_3 &= Q \cdot t \\
 &= 0,007 \cdot 14400 \\
 &= 101,203 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_4 \text{ (Kumulatif)} &= V_2 \text{ (Tampungan hari ke-1)} + V_3 \\
 &= 30,575 + 101,203 \\
 &= 131,778 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{Masuk Box}} &= \frac{V_3}{Q_{\text{Hari ke-2}}} \\
 &= \frac{101,203}{0,007} \\
 &= 14400 \text{ detik} = 4 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{Air Box}} &= \frac{V_4}{A} \\
 &= \frac{131,778}{480} \\
 &= 0,275 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit air yang meresap:

Jenis tanah di lokasi perencanaan adalah lanau, dengan nilai permeabilitas (k) = $7,83 \times 10^{-4}$ cm/ detik.

Perhitungan jumlah resapan yang masuk ke dalam tanah dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_0 &= f.L.K.H \\
 &= 1,5.320. 7,83 \times 10^{-4}. 0,275 \\
 &= 0,00103 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{Resapan}} &= \frac{V_4}{Q_0} \\
 &= \frac{131,778}{0,00103} \\
 &= 127713,921 \text{ detik} = 35,476 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

Selang waktu kering atau tidak terjadi hujan antara hujan hari ke-2 dan hari ke-3 adalah 17 Jam maka volume yang dapat diresapkan :

$$\begin{aligned}
 V_5 \text{ (Meresap)} &= (V_4 - (((t_{\text{Resapan}} - t_{\text{Kering}}).3600). Q_0)) \\
 &= (131,778 - (((35,476 - 17).3600).0,00103)) \\
 &= 63,147 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_6 \text{ (sisa volume)} &= ((t_{\text{Resapan}} - t_{\text{Kering}}).3600). Q_0 \\
 &= ((35,476 - 17).3600).0,00103 \\
 &= 68,630 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Simulasi hari ke-3 :

luas Box Storage :

$$\begin{aligned}
 A &= B.L \\
 &= 1,5.320 \\
 &= 480 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_2 \text{ (Tampungan Hari Ke-2)} &= 68,630 \text{ m}^3 \\
 V_3 &= Q \cdot t \\
 &= 0,048 \cdot 14400 \\
 &= 697,952 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{Limpanan Sal.C2}} &= 45,786 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{Limpanan Sal.M3}} &= 1193,548 \text{ m}^3 \\
 V_4 \text{ (Kumulatif)} &= V_2 \text{ (Tampungan Hari ke-2)} + V_3 + V_{\text{Limpanan Sal.C2}} + V_{\text{Limpanan Sal.M3}} \\
 &= 68,630 + 697,952 + 45,786 + 1193,548 \\
 &= 2005,917 \text{ m}^3 \\
 t_{\text{Masuk Box}} &= \frac{(V_1 - V_2 \text{ (Tampungan Hari ke-2)})}{Q_{\text{Hari ke-3}}} \\
 &= \frac{((432 - 68,630) / (0,048))}{3600} \\
 &= 2,082 \text{ Jam} \\
 H_{\text{Air Box}} &= \frac{V_1}{A} \\
 &= \frac{432}{480} \\
 &= 0,900 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit air yang meresap:

Jenis tanah di lokasi perencanaan adalah lanau, dengan nilai permeabilitas (k) = $7,83 \times 10^{-4}$ cm/ detik.

Perhitungan jumlah resapan yang masuk ke dalam tanah dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_0 &= f \cdot L \cdot K \cdot H \\
 &= 1,5 \cdot 320 \cdot 7,83 \times 10^{-4} \cdot 0,900 \\
 &= 0,00338 \text{ m}^3 / \text{detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{Resapan}} &= \frac{V_1}{Q_0} \\
 &= \frac{432}{0,00338}
 \end{aligned}$$

$$= 127713,921 \text{ detik} = 35,476 \text{ Jam}$$

Selang waktu kering atau tidak terjadi hujan antara hujan hari ke-3 dan hari ke-4 adalah 16 Jam maka volume yang dapat diresapkan :

$$\begin{aligned} V_5 \text{ (Meresap)} &= (V_1 - ((t_{\text{Resapan}} - t_{\text{Kering}}) \cdot 3600) \cdot Q_0) \\ &= (432 - ((35,476 - 16) \cdot 3600) \cdot 0,00338) \\ &= 194,835 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_6 \text{ (sisa volume)} &= ((t_{\text{Resapan}} - t_{\text{Kering}}) \cdot 3600) \cdot Q_0 \\ &= ((35,476 - 16) \cdot 3600) \cdot 0,00338 \\ &= 237,165 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Simulasi hari ke-4 :

luas Box Storage :

$$\begin{aligned} A &= B \cdot L \\ &= 1,5 \cdot 320 \\ &= 480 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$V_2 = 237,165 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_3 &= Q \cdot t \\ &= 0,097 \cdot 14400 \\ &= 1395,904 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{Limpasan Sal.C2}} = 299,139 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Limpasan Sal.M3}} = 3196,297 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_4 \text{ (Kumulatif)} &= V_2 \text{ (Tampungan Hari ke-3)} + V_3 + V_{\text{Limpasan Sal.C2}} + V_{\text{Limpasan Sal.M3}} \\ &= 237,165 + 1395,904 + 299,139 + 3196,297 \\ &= 5128,505 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{\text{Masuk Box}} &= \frac{(V_1 - V_2 \text{ (Tampungan Hari ke-3)})}{Q_{\text{Hari ke-4}}} \\ &= \frac{((432 - 237,165) / (0,097))}{3600} \\ &= 0,558 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{Air Box}} &= \frac{V_1}{A} \\
 &= \frac{432}{480} \\
 &= 0,900 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit air yang meresap:

Jenis tanah di lokasi perencanaan adalah lanau, dengan nilai permeabilitas (k) = $7,83 \times 10^{-4}$ cm/ detik.

Perhitungan jumlah resapan yang masuk ke dalam tanah dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_0 &= f.L.K.H \\
 &= 1,5.320. 7,83 \times 10^{-4}. 0,900 \\
 &= 0,00338 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 t_{\text{Resapan}} &= \frac{V_1}{Q_0} \\
 &= \frac{432}{0,00338} \\
 &= 127713,921 \text{ detik} = 35,476 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

Selang waktu kering atau tidak terjadi hujan antara hujan hari ke-4 dan hari ke-5 adalah 9 Jam maka volume yang dapat diresapkan :

$$\begin{aligned}
 V_5 \text{ (Meresap)} &= (V_1 - ((t_{\text{Resapan}} - t_{\text{Kering}}).3600). Q_0) \\
 &= (432 - ((35,476 - 9).3600).0,00338) \\
 &= 109,595 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_6 \text{ (sisa volume)} &= ((t_{\text{Resapan}} - t_{\text{Kering}}).3600). Q_0 \\
 &= ((35,476 - 9).3600).0,00338 \\
 &= 322,405 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total 4 hari hujan}} &= V_2 \text{ Hari Ke-1} + V_4 \text{ Hari Ke-2} + V_4 \text{ Hari Ke-3} + V_4 \text{ Hari Ke-4} \\
 &= 114,464 + 131,778 + 2005,917 + 5128,505 \\
 &= 7380,664 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Total Resapan 4 hari hujan}} &= V_3 \text{ Hari Ke-1} + V_5 \text{ Hari Ke-2} + V_5 \text{ Hari Ke-3} + V_5 \text{ Hari Ke-4} \\
 &= 83,889 + 63,147 + 194,835 + 109,595
 \end{aligned}$$

$$=451,467 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Total tampungan 4 hari hujan}} &= V_{4 \text{ Hari Ke-1}} + V_{6 \text{ Hari Ke-2}} + V_{6 \text{ Hari Ke-3}} + V_{6 \text{ Hari Ke-4}} \\ &= 30,575 + 68,630 + 237,165 + 322,405 \\ &= 658,775 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Limpasan}} &= V_{\text{total 4 hari hujan}} - (V_{\text{Total Resapan 4 hari hujan}} + V_{\text{Total tampungan 4 hari hujan}}) \\ &= 7380,664 - (451,467 + 658,775) \\ &= 6270,422 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya lihat pada lampiran hasil perhitungan 2 dan lampiran gambar 4 sampai 8.

Berdasarkan contoh perhitungan diatas, penggunaan *Underdrain Box Storage* pada saluran M2 mampu mereduksi volume limpasan 15,043 %. Sedangkan pada zona 1 volume limpasan yang mampu tereduksi sebesar 42,157 %. Untuk penggunaan dalam satu kampus Universitas Brawijaya, dalam hal ini volume limpasan yang mengalir kearah jalan veteran mampu mereduksi sebesar 42,573 % selama 4 hari untuk sekali hujan dalam 4 jam.

Tabel 4.26. Rekapitulasi reduksi volume limpasan

Saluran outlet drainase Universitas Brawijaya				
Nama Saluran	Zona	Vrancangan total 5th m ³	Lama Hujan jam	Underdrain Box Storage m ³
M1	1	11349.461	4.0	4784.583
C 8.5	2	4666.747	4.0	2660.388
C 7.2	3	2462.220	4.0	1065.692
C 16	4	1729.966	4.0	413.749
M 10	5	8907.696	4.0	3471.043
Jumlah		29116.091		12395.455
Melimpas		16720.635		
Persen (%)		42.573		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.27. Rekapitulasi jumlah volume resapan

Zona	m ³
Zona 1	1838.060
Zona 2,3 dan 4	1995.927
Zona 5	1413.211
Jumlah	5247.198

Sumber : Hasil Perhitungan

