

BAB II

PERANCANGAN PEMIPAAN DAN DRAINASE

2.1 Tinjauan Umum

Luas total kawasan Hotel Kapsul ini kurang lebih 4.050 m² dan gedung Hotel Kapsul terdiri dari 7 lantai. Jumlah penghuninya diperkirakan sekitar 242 orang. Dalam menyiapkan konsep sistem plambing, perlu memperhatikan beberapa hal seperti jumlah alat plambing dan luas lantai.

2.1.1 Data Proyek

a) Luas gedung tiap lantai:

Lantai 1	= 1.105 m ²
Lantai 2	= 618 m ²
Lantai 3	= 641 m ²
Lantai 4	= 616 m ²
Lantai 5	= 616 m ²
Lantai 6	= 616 m ²
Total luas lantai	= 4.212 m ²

b) Jumlah alat plambing tiap lantai:

Lantai 1	
Kloset katup gelontor	= 12 buah
Kolam renang	= 1 buah
<i>Wastafel</i>	= 8 buah
<i>Shower</i>	= 16 buah
Lantai 2	
Kloset katup gelontor	= 17 buah
<i>Wastafel</i>	= 10 buah
<i>Urinal Stall</i>	= 4 buah
Lantai 3	
Kloset katup gelontor	= 12 buah
<i>Wastafel</i>	= 8 buah

Lantai 4
Kloset katup gelontor = 10 buah
Wastafel = 8 buah
Shower = 12 buah

Lantai 5
Kloset katup gelontor = 7 buah
Wastafel = 6 buah
Shower = 16 buah

Lantai 6
Kloset katup gelontor = 7 buah
Wastafel = 6 buah
Shower = 16 buah

2.1.2 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- a) Isometri pipa penyediaan air bersih hanya untuk tipe air dingin.
- b) Lantai basement tidak diperhitungkan dalam merencanakan plambing.
- c) Untuk perhitungan intensitas hujan, data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan dari tahun 1985-1996.

2.2 Tinjauan Pustaka

2.2.1 Analisis Kebutuhan Air Berdasarkan Luas Gedung

Analisis kebutuhan air berdasarkan luas gedung digunakan apabila jumlah penghuni bangunan tidak diketahui dan merupakan hal yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti minum, memasak, mandi, mencuci, toilet, serta kebutuhan darurat bangunan. Karena itu, penyediaan air bersih menjadi kebutuhan pokok untuk memenuhi kebutuhan operasional gedung.

Adapun langkah-langkah menghitung analisis kebutuhan air berdasarkan luas gedung sebagai berikut:

- a) Menghitung luas gedung seluruhnya
- b) Menghitung luas gedung efektif

Perbandingan luas efektif bangunan (%) x luas total

Perbandingan luas efektif bangunan (%) dapat dilihat pada Tabel 2.1

c) Menghitung kepadatan penghuni

$$\text{Kepadatan penghuni} = \frac{\text{Luas gedung efektif}}{(5m^2 - 10m^2)/\text{orang}} \quad (2.1)$$

d) Menghitung pemakaian air rata-rata sehari (Qd)

$$Qd = \text{Hunian} \times \text{Pemakaian air sehari-hari} \quad (2.2)$$

Pemakaian air rata-rata sehari (liter) hunian dapat dilihat pada Tabel 2.1

e) Menghitung pemakaian air rata-rata efektif (Qh)

$$Qh = \frac{Qd \text{ total}}{T} \quad (2.3)$$

Ket: T = Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari hunian (jam) (dapat dilihat pada Tabel 2.1)

f) Menghitung pemakaian air puncak

$$Qh \text{ max} = C1 \times Qh \quad (2.4)$$

$$Qm \text{ max} = C2 \times Qh \quad (2.5)$$

Keterangan:

C1 = Konstanta (berkisar antara 1,5 -2,0)

C2 = konstanta (berkisar antara 3,0 – 4,0)

Tabel 2. 1 Pemakaian Air Rata-Rata Orang Per Hari Berdasarkan Jenis Bangunan

No.	Jenis Gedung	Pemakaian air rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/total (%)	Keterangan
1	Perumahan mewah	250	10-Aug	42-45	Setiap penghuni
2	Rumah biasa	160-250	10-Aug	50-53	Setiap penghuni
3	Apartment	200-250	10-Aug	45-50	Mewah 250 liter Menengah 180 liter Bujangan 120 liter
4	Asrama	120	8		Bujangan
5	Rumah sakit	Mewah > 1000	10-Aug	45-48	(setiap tempat tidur pasien)
		Menengah 500-1000			Pasien luar: 8 liter
		Umum 350-500			Staf/pegawai: 120 liter Keluarga pasien: 160 liter
6	Sekolah dasar	40	5	58-60	Guru: 100 liter
7	SLTP	50	6	58-60	Guru: 100 liter
8	SLTA dan lebih tinggi	80	6		Guru/dosen: 100 liter
9	Rumah-toko	100-200	8		Penghuninya: 160 liter
10	Gedung kantor	100	8	60-70	Setiap pegawai

Lanjutan Tabel 2.1 Pemakaian Air Rata-Rata Orang Per Hari Berdasarkan Jenis Bangunan

No.	Jenis Gedung	Pemakaian air rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/total (%)	Keterangan
11	Torseba (took serba ada, department store)	3	7	55-60	Pemakaian air hanya untuk kakus, belum termasuk untuk bagian restorannya.
12	Pabrik/industri	Buruh pria: 60	8	55-60	Per orang, setiap giliran (kalua kerja lebih dari 8 jam)
		Wanita: 100			
13	Stasiun/terminal	3	15	55-60	Setiap penumpang (yang tiba maupun berangkat)
14	Restoran	30	5		Untuk penghuni: 160 liter
15	Restoran umum	15	7		Untuk penghuni: 160 liter
					Pelayan: 100 liter
16	Gedung pertunjukan	30	5	70% dari jumlah tamu perlu 15 liter/orang untuk kakus, cucitangan dsb.	
17	Gedung bioskop	10	3	53-55	Kalalu digunakan siang dan malam, pemakaian air dihitung per penonton.
					Jam pemakaian air dalam tabel adalah untuk satu kali pertunjukan.
18	Toko pengecer	40	6	-idem-	
19	Hotel/penginapan	250-300	10	Pedagang besar: 30 liter/tamu, 150 liter/staf atau 5 liter	
20	Gedung peribadatan	10	2	Per hari setiap m ² luas lantai.	
21	Perpustakaan	25	6	Untuk setiap tamu, untuk setiap staf 120-150 liter; penginapan 200 liter.	
22	Bar	30	6	Didasarkan jumlah Jemaah per hari.	
23	Perkumpulan sosial	30		Untuk setiap pembaca yang tinggal.	
24	Kelab malam	120-350		Setiap tamu	
25	Gedung perkumpulan	150-200		Setiap tamu	
26	Laboratorium	100-200	8	Setiap staf	

Sumber: Noerbambang & Morimura, (2000)

2.2.2 Analisis Kebutuhan Air Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plambing

Analisis kebutuhan air berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing digunakan apabila kondisi pemakaian air diketahui dan juga jumlah dari setiap jenis alat plambing yang digunakan gedung tersebut diketahui. Metode ini juga memperkirakan adanya faktor pemakaian serentak daripada alat-alat plambing yang dipakai secara bersamaan.

Adapun langkah-langkah menghitung analisis kebutuhan air berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing:

- a) Menentukan jenis alat plambing yang digunakan
- b) Menentukan jumlah alat plambing
- c) Menghitung pemakaian air sekali penggunaan (Lt) (dapat dilihat pada Tabel 2.2)
- d) Menentukan penggunaan / jam (dapat dilihat pada Tabel 2.2)
- e) Menghitung debit aliran (Lt / Jam)
- f) Menghitung faktor pemakaian (%) (dapat dilihat pada Tabel 2.3)
- g) Menghitung Qefektif (Lv/Jam)

$$\text{Debit aliran} = \text{Jum. Alat plambing} \times \text{Pemakaian air} \times \text{lama penggunaan}$$

- f) Menghitung faktor pemakaian (%) (dapat dilihat pada Tabel 2.3)

- g) Menghitung Qefektif (Lv/Jam)

$$Q_{\text{efektif}} = \text{Debit aliran} \times \text{faktor pemakaian} \quad (2.6)$$

$$Q_{\text{h total}} = \text{Jumlah Qefektif}$$

Tabel 2. 2 Pemakaian Air Tiap Alat Plumbing, Laju Aliran Air, dan Ukuran Pipa Cabang Pipa Air

NO	Nama Alat Plumbing	Pemakaian Air untuk Penggunaan Satu Kali (Liter)	Penggunaan Per Jam	Laju Aliran (liter/min)	Waktu untuk Pengisian (detik)	Pipa Sambungan Alat Plumbing (mm)	Pipa Cabang Air Bersih ke Alat Plumbing (mm)	
							Pipa Baja	Tembaga
1	Kloset (dengan katub gelontor)	13, -16,5	6-12	110-180	8,2-10	24	32	25
2	Kloset (dengan tangki gelontor)	13-15	6-12	15	60	13	20	25
3	Peterusan (dengan katub gelontor)	5	12+20	30	10	13	20	13
4	Peterusan, 2-4 orang (dengan tangki gelontor)	9-18 (@4,5)	12	1,8-3,6	300	13	20	13
5	Peterusan, 5-7 orang (dengan tangki gelontor)	22,5-3,15(@4,5)	12	4,5-6,3	300	13	20	13
6	Bak cuci tangan kecil	3	12-20	10	18	13	20	13
7	Bak cuci tangan biasa	10	6-12	15	40	13	20	13
8	Bak cuci dapur (sink) dengan keran 13 mm	15	6-12	15	60	13	20	13
9	Bak cuci dapur (sink) dengan keran 13 mm	25	6-12	25	60	20	20	20
10	Bak mandi rendam (bath tub)	125	3	30	250	20	20	20
11	Pancuran mandi	24-60	3	12	120-300	13-20	20	13-20
12	Bak mandi gaya jepang	Tergantung ukurannya		30		20	20	20

Sumber: Noerbambang & Morimura (2000)

Tabel 2. 3 Faktor Pemakaian (%) dan Jumlah Alat Plumbing

Jenis alat plumbing (Y)%	Jumlah alat plumbing (X)	1	2	4	8	12	16	24	32	40	50	70	100
		Kloset dengan katup glontor	1	50 satu	50 2	40 3	30 4	27 5	23 6	19 7	17 7	15 8	12 9
Alat plumbing biasa	1	100 satu	75 3	55 5	48 6	45 7	42 10	40 13	39 16	38 19	35 25	33 33	

Noerbambang, S. & Morimura, T. (2000)

Dimana : Y_n = Faktor pemakaian (%)

Y_1 = Jenis alat plumbing pada jumlah 1

Y_2 = Jenis alat plumbing pada jumlah 2

X_1 = Jumlah alat plumbing 1

X_2 = Jumlah alat plumbing 2

X_n = Jumlah alat plumbing yang akan dicari

2.2.3 Analisis Kebutuhan Air Kolam Renang

- a) Mencari volume kolam renang dewasa

Rumus Volume:

$$V = P \times L \times T \quad (2.7)$$

Keterangan:

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

T = Tinggi (m)

- b) Mencari Volume kolam renang anak

$$V = P \times L \times T$$

Keterangan:

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

T = Tinggi (m)

- c) Mencari volume kolam renang keseluruhan

$$V_{\text{total}} = V_{\text{kolam renang dewasa}} + V_{\text{kolam renang anak}}$$

- d) Asumsi kehilangan air oleh pemakai dan evaporasi = 1% dari volume kolam

Maka kehilangan air yang terjadi:

$$\text{Kolam dewasa} = (1\% \times V_{\text{kolam renang dewasa}})$$

$$\text{Kolam anak-anak} = (1\% \times V_{\text{kolam renang anak-anak}})$$

- e) Proses resirkulasi kolam dilakukan 2x sehari.

Sehingga volume air yang harus ditambahkan dalam waktu 1 hari

$$= \text{Kehilangan air pada kolam renang dewasa} + \text{kehilangan air pada kolam renang anak-anak} \times \text{Jumlah resirkulasi}$$

- f) Total kebutuhan air untuk kolam renang, resirkulasi air kolam adalah

$$= \text{volume kolam renang keseluruhan} + \text{volume air yang harus ditambahkan dalam waktu 1 hari}$$

2.2.4 Analisis Kebutuhan Reservoir Bawah

Reservoir bawah atau *ground reservoir* adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh reservoir tersebut terletak dibawah permukaan tanah.

Adapun langkah-langkah menghitung analisis kebutuhan reservoir bawah:

a) Menghitung besarnya kapasitas pipa dinas (Q_s)

$$Q_s = \frac{2}{3} Q_h \quad (2.8)$$

Keterangan:

Q_h = Jumlah kebutuhan air rata-rata per jam (m^3/jam)

Q_s = Kapasitas pipa dinas (m^3/jam)

b) Menghitung besarnya volume *ground reservoir*

$$Volume\ ground\ reservoir = \{Q_d - (Q_s \times T)\} \quad (2.9)$$

Keterangan:

Q_d = Jumlah kebutuhan air per hari ($m^3/hari$)

Q_s = Kapasitas pipa dinas (m^3/jam)

T = Rata-rata jangka waktu pemakaian (jam/hari)

c) Menentukan dimensi *ground reservoir*

Panjang (m)

Lebar/diameter (m)

Tinggi efektif (m)

Tinggi *free board* (m)

Tinggi total (m)

2.2.5 Kebutuhan Reservoir Atas

Analisis kebutuhan reservoir atas digunakan untuk mendapatkan volume efektif dan menentukan dimensi *roof tank* dengan menggunakan metode perhitungan reservoir berdasarkan rumus sebagai berikut:

a) Menghitung besarnya volume *roof tank*

$$V_E = \{(Q_P - Q_{h-max})T_P - (Q_{pu} T_{pu}) \quad (2.10)$$

Keterangan:

V_E = Volume efektif *roof tank* (m^3)

Q = Kebutuhan puncak ($m^3/menit$)

Q_{h-max} = Kebutuhan jam puncak ($m^3/menit$)

Q_{pu} = Kapasitas pompa pengisi ($m^3/menit$)

T_P = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)

T_{pu} = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

b) Menentukan dimensi *roof tank*

Untuk menentukan dimensi reservoir adalah dengan menentukan tinggi efektif terlebih dahulu kemudian menentukan panjang dan lebar dengan rumus volume persegi, dikarenakan reservoir yang digunakan berbentuk persegi.

$$V = P \times L \times T \quad (2.11)$$

Keterangan:

V = Volume

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

T = Tinggi (m)

Tinggi *free board* = 10% x Tinggi efektif

Untuk Menentukan tinggi total = Tinggi efektif + Tinggi *free board*

2.2.6 Analisis Penentuan Ukuran Pipa Air Bersih

Penentuan ukuran pipa untuk distribusi air bersih diolah menggunakan SNI 8153:2015 tentang sistem plambing pada bangunan gedung yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan 2.5.

Tabel 2. 4 Unit Beban Alat Plambing Sistem Penyediaan Air dan Ukuran Minimum Pipa Cabang

Perlengkapan atau peralatan ²⁾	Ukuran pipa cabang minimum ^{1,4)} (inci)	Pribadi (UBAP)	Umum (UBAP)	Tempat berkumpul ⁶⁾ (UBAP)
Bak rendam atau kombinasi bak dan <i>shower</i>	½	4,0	4,0	-
Bak rendam dengan katup ¾ inci	¾	10,0	10,0	-
Bidet	½	1,0	-	-
Pencuci pakaian	½	4,0	4,0	-
Unit dental	½	-	1,0	-
Pencuci piring, rumah tangga	½	1,5	1,5	-
Pancuran air minum, air pendingin	½	0,5	0,5	0,75
<i>Hose Bibb</i>	½	2,5	2,5	-
<i>Hose Bibb</i> , tiap pertambahan	½	1,0	1,0	-

Lanjutan Tabel 2.4 Unit Beban Alat Plumbing Sistem Penyediaan Air dan
Ukuran Minimum Pipa Cabang

Perlengkapan atau peralatan ²⁾	Ukuran pipa cabang minimum ^{1,4)} (inci)	Pribadi (UBAP)	Umum (UBAP)	Tempat berkumpul ⁶⁾ (UBAP)
<i>Lavatory</i>	½	1,0	1,0	1,0
<i>Sprinkler</i> halaman	-	1,0	1,0	-
<i>Sink/Bak</i>				
• Bar	½	1,0	2,0	-
• Kran klinik	½	-	3,0	-
• Katup gelontor klinik dengan atau tanpa kran	1	-	8,0	-
• Dapur, rumah tangga dengan atau tanpapencuci piring	½	1,5	1,5	-
• Laundry	½	1,5	1,5	-
• Bak pel	½	1,5	3,0	-
• Cuci muka, tiap setkran	½	-	2,0	-
<i>Shower</i>	½	2,0	2,0	-
Urinal, katup gelontor 3,8LPF (Liter per flush)	¾	Lihat catatan ⁷⁾		-
Urinal, tangki pembil as	½	2,0	2,0	3,0
Pancuran cuci, spray sirkular	¾	-	4,0	-
Kloset, tangkai gravitasi 6LPF (Liter per flush)	½	2,5	2,5	3,5
Kloset, tangki meter air 6LPF (Liter per flush)	½	2,5	2,5	3,5

Sumber: UPC 2012 - IAPMO Tabel 610.3

Tabel 2. 5 UBAP / *Fixture Unit* untuk Menentukan Ukuran Pipa Air dan Meter Air

Ukuran meter air (inci)*	Diameter pipa pembawa (inci)	Panjang maksimum yang dibolehkan (m)														
		12	18	24	30	46	61	76	91	122	152	183	213	244	274	305
UBAP untuk Rentang Tekanan 21 sampai 31,50 mka																
¾	½	6	5	4	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
¾	¾	16	16	14	12	9	6	5	5	4	4	3	2	2	2	1
¾	1	29	25	23	21	17	15	13	12	10	8	6	6	6	6	6
1	1	36	31	27	25	20	17	15	13	12	10	8	6	6	6	6
¾	1¼	36	33	31	28	24	23	21	19	17	16	13	12	12	11	11
1	1¼	54	47	42	38	32	28	25	23	19	17	14	12	12	11	11
1½	1¼	78	68	57	48	38	32	28	25	21	18	15	12	12	11	11
1	1½	85	84	79	65	56	48	43	38	32	28	26	22	21	20	20
1½	1½	150	124	105	91	70	57	49	45	36	31	26	23	21	20	20
2	1½	151	129	129	110	80	64	53	46	38	32	27	23	21	20	20
1	2	85	85	85	85	85	85	82	80	66	61	57	52	49	46	43
1½	2	220	205	190	176	155	138	127	120	104	85	70	61	57	54	51
2	2	370	327	292	265	217	185	164	147	124	96	70	61	57	54	51
2	2½	445	418	390	370	330	300	280	265	240	220	198	175	158	143	133
UBAP Rentang Tekanan 32,20 sampai 42 mka																
¾	¾	7	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0
¾	1	20	20	19	17	14	11	9	8	6	5	4	4	3	3	3
¾	1	39	39	36	33	28	23	21	19	17	14	12	10	9	8	8
1	1	39	39	39	36	30	25	23	20	18	15	12	10	9	8	8
¾	1¼	39	39	39	39	39	39	34	32	27	25	22	19	19	17	16
1	1¼	78	78	76	67	52	44	39	36	30	27	24	20	19	17	16
1½	1¼	78	78	78	78	66	52	44	39	33	29	24	20	19	17	16
1	1½	85	85	85	85	85	85	80	67	55	49	41	37	34	32	30
1½	1½	151	151	151	151	128	105	90	78	62	52	42	38	35	32	30
2	1½	151	151	151	151	150	117	98	84	67	55	42	38	35	32	30
1	2	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	83	80
1½	2	370	370	340	318	272	240	220	198	170	150	135	123	110	102	94
2	2	370	370	370	370	368	318	280	250	205	165	142	123	110	102	94
2	2½	640	610	610	580	535	500	470	440	400	365	335	315	285	267	250
UBAP Rentang Tekanan di atas 42 mka																
¾	¾	7	7	7	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	1	0
¾	1	20	20	20	20	17	13	11	10	8	7	6	6	5	4	4
¾	1	39	39	39	39	35	30	27	24	21	17	14	13	12	12	11
1	1	39	39	39	39	38	32	29	26	22	18	14	13	12	12	11
¾	1¼	39	39	39	39	39	39	39	39	34	28	26	25	23	22	21
1	1¼	78	78	78	78	74	62	53	47	39	31	26	25	23	22	21
1½	1¼	78	78	78	78	74	62	53	47	39	31	26	25	23	22	21
1	1½	85	85	85	85	85	85	85	85	81	64	51	48	46	43	40
1½	1½	151	151	151	151	151	151	130	113	88	73	51	51	46	43	40
2	1½	151	151	151	151	151	151	142	122	98	82	64	51	46	43	40
1	2	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
1½	2	370	370	370	370	360	335	305	282	244	212	187	172	153	141	129
2	2	370	370	370	370	370	370	370	340	288	245	204	172	153	141	129
2	2½	654	654	654	654	654	650	610	570	510	460	430	404	380	356	329

Sumber: UPC 2012 - IAPMO Tabel 610.4

2.2.7 Kebutuhan Daya Pompa (P)

Daya pompa adalah tenaga yang dibutuhkan untuk mengalirkan air. Untuk menghitung daya pompa perlu mengetahui *head statis* dan juga *headloss* pada pipa. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan daya pompa *Ground water tank* menuju *roof tank*:

$$P = \frac{p \cdot g \cdot Q \cdot H}{80\%} \quad (2.12)$$

Keterangan:

- P = Daya pompa (watt)
- p = Massa jenis air (998,23 kg/m³ untuk suhu 20⁰C)
- g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)
- Q = Kapasitas pompa (m³/detik)
- H = *Head total* (m)

Berikut persamaan Bernoulli (besar *head total* H)

$$H = H_a + H_{fsd} + v^2/2g \quad (2.13)$$

Keterangan:

- H = tinggi angkat total (m)
- H_s = tinggi hisap (m) mayor
- H_d = tinggi tekan (m) minor
- H_a = tinggi potensial (m) H_s + H_d
- H_{fsd} = kerugian gesek dalam pipa hisap dan pipa tekan (m) = sisa
- v²/2g = tekanan kecepatan pada lubang keluar pipa (m)

2.2.8 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, *runoff*, dan infiltrasi. Besarnya curah hujan ini tercatat pada stasiun hujan di masing – masing wilayah.

Untuk menentukan jenis distribusi yang akan dipakai untuk mencari kala ulang serta debit maksimum dilakukan suatu analisis frekuensi.

a) Curah hujan rata-rata

Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \quad (2.14)$$

Keterangan:

- \bar{X} = nilai rata-rata curah hujan
- X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke 1
- n = jumlah data hujan

b) Standar Deviasi

Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata, maka nilai standar deviasi (S_d) akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata, maka S_d akan kecil. Standar deviasi dapat dihitung dengan rumus:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{X_i - \bar{X}\}^2}{n - 1}} \quad (2.15)$$

Keterangan:

S_d = Standar Deviasi curah hujan

\bar{X} = nilai rata-rata hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke 1

n = jumlah data hujan

c) Koefisien Variasi

Koefisien variasi (*coefficient of variation*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata dari suatu sebaran

$$Cv = \frac{S_d}{\bar{X}} \quad (2.16)$$

Keterangan:

Cv = Koefisien Variasi Curah hujan

S_d = Standar Deviasi curah hujan

\bar{X} = nilai rata-rata hujan

d) Koefisien *Skewness*/Kemencengan

Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*asymmetry*) dari suatu bentuk distribusi. Besarnya koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini:

$$Cs = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \{X_i - \bar{X}\}^3}{(n - 1)(n - 2)S_d^3} \quad (2.17)$$

Keterangan:

Cs = Koefisien kemencengan curah hujan

n = jumlah data hujan

\bar{X} = nilai rata-rata hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke 1

S_d = Standar Deviasi curah hujan

e) Koefisien Kurtosis

Koefisien kurtosis adalah suatu nilai yang menunjukkan keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{X_i - \bar{X}\}^4}{S_d^4} \quad (2.18)$$

Keterangan:

Ck = Koefisien kurtosis curah hujan

n = Jumlah data hujan

\bar{X} = Nilai rata-rata hujan

X_i = Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke 1

S_d = Standar Deviasi curah hujan

Setelah menghitung standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan, koefisien kurtosis, selanjutnya memilih jenis distribusi yang memenuhi syarat. Macam-macam jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Jenis Distribusi Beserta Syaratnya

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Gumbel Tipe 1	$Cs \leq 1.1396$
		$Ck \leq 5.4002$
2	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$
		$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2$
3	Normal	$Cs \approx 0$
		$Ck \approx 3$
		$(x \pm s) = 68.27\%$
		$(x \pm 2s) = 95.44\%$
4	Log-Pearson Tipe III	Jika tidak memenuhi semua syarat diatas

2.2.9 Analisis Distribusi Curah Hujan dan Periode Ulang

Periode ulang adalah waktu perkiraan dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Besarnya debit hujan untuk fasilitas drainase tergantung pada interval kejadian atau periode ulang yang dipakai.

Analisis distribusi curah hujan dari data hujan yang tersedia dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain Normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel. Berikut ini adalah beberapa macam distribusi yang digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis probabilitas debit rencana, yaitu:

a) Distribusi Normal

Sebaran normal atau kurva normal disebut pula sebaran *Gauss*. Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah

$$X_T = \bar{x} + K_T S \quad (2.19)$$

Keterangan:

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T (mm/hari)

\bar{x} = Nilai rata-rata hitung varian (mm/hari)

S = Deviasi standar nilai varian

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang. Nilai faktor frekuensi dapat dilihat pada tabel Reduksi Gauss

b) Metode Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal, merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah varian Y menjadi nilai logaritmik varian Y. Rumus yang digunakan dalam perhitungan metode ini adalah sebagai berikut:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \quad (2.20)$$

Keterangan:

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T (mm/hari)

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung varian (mm/hari)

S = Deviasi standar nilai varian

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang. Nilai faktor frekuensi dapat dilihat pada tabel Reduksi Gauss

c) Distribusi *Gumbel* Tipe-I

Distribusi *Gumbel* Tipe - I digunakan untuk analisis data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir.

$$X = \bar{x} + K \cdot s \quad (2.21)$$

K = Faktor probabilitas, untuk harga-harga ekstrim dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{TR} - Y_n}{S_n} \quad (2.22)$$

Keterangan:

Y_n = *Reduced mean* yang tergantung pada jumlah sampel atau data n

S_n = *Reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel

Y_{TR} = *Reduced variate* yang dihitung dengan persamaan:

$$Y_{TR} = -\ln \left[-\ln \frac{Tr-1}{Tr} \right] \quad (2.23)$$

Tr = PUH untuk curah hujan tahunan rata-rata

d) Distribusi Log Pearson Tipe-III

Distribusi Log Pearson Tipe III digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk sebaran Log Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari sebaran Pearson tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1) Ubah data dalam bentuk logaritma: $Y = \log X$

2) Hitung harga rata-rata:

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n \log Xi}{n} \quad (2.24)$$

3) Hitung harga simpangan baku:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \bar{Y})^2}{n - 1}}$$

4) Hitung koefisien kemencengan

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \bar{Y})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} \quad (2.25)$$

5) Hitung logaritma hujan dengan periode ulang T menggunakan persamaan:

$$Y_T = \bar{Y} + KS \quad (2.26)$$

K = variabel standar untuk X yang besarnya tergantung G (Tabel 2.7)

6) Hitung curah hujan dengan menghitung antilog Y

Tabel 2. 7 Nilai K Untuk Distribusi Log-Pearson III

Koef. G	Periode Ulang (Tahun)							
	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	100
	Presentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.192	3.605
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	1.848	3.499
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	1.780	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	1.706	3.271
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.051	2.326
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.2	-2.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	-2.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.6	-2.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.6	-3.889	-0.490	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.0	-7.051	-0.420	0.394	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667

2.2.10 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini

dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Jika data curah hujan yang ada hanya curah hujan harian maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.27)$$

Keterangan:

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- tc = Lamanya curah hujan (jam)
- R24 = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

2.2.11 Debit Rancangan Dengan Metode Rasional

Besarnya debit rancangan dapat dihitung dengan menggunakan metode rasional menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = (0,278) \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2.28)$$

Keterangan:

- Q = Debit (m³/detik)
- C = Koefisien limpasan air hujan (Tabel 2.8)
- I = Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran (km²)

Tabel 2. 8 Koefisien Limpasan Air Hujan

No	Deskripsi Lahan / Karakter Pemukaan	Koefisien C
1.	Bisnis	
	▪ Perkotaan	0,70 – 0,95
	▪ Pinggiran	0,50 – 0,70
2.	Perumahan	
	▪ rumah tunggal	0,30 – 0,50
	▪ multiunit terpisah, terpisah	0,40 – 0,60
	▪ multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
	▪ perkampungan	0,25 – 0,40
	▪ apartemen	0,50 – 0,70
3	Industri	
	▪ ringan	0,50 – 0,80
	▪ berat	0,60 – 0,90
	Perkerasan	
	▪ aspal dan beton	0,70 – 0,95
	▪ batu bata, paving	0,50 – 0,70
	Atap	0,75 – 0,95
	Halaman, tanah berpasir	
	datar 2%	0,05 – 0,10
	rata-rata 2 – 7%	0,10 – 0,15
	curam 7%	0,15 – 0,20
	Halaman tanah berat	
	datar 2%	0,13 – 0,17
	rata-rata 2 – 7%	0,18 – 0,22
	curam 7%	0,25 – 0,35
	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
	Hutan	
	datar, 0 – 5%	0,10 – 0,40
	bergelombang, 5 – 10%	0,25 – 0,50
	berbukit 10 – 30%	0,30 – 0,60

Sumber: McGuen, 1989

2.2.12 Analisis Kebutuhan Pipa Horizontal dan Pipa Tegak Drainase

a) Pipa horizontal

- 1) Tentukan jumlah pipa
- 2) Hitung luas Atap = A (m²)
- 3) Tentukan Intensitas Hujan = I (mm/jam)
- 4) Tentukan Debit Hujan = Q (lt/detik)
- 5) Tentukan Kemiringan = 0,5% - 4%
- 6) Untuk menentukan Diameter talang, dapat dilihat pada Tabel 2.9 - Tabel

2.11

Tabel 2. 9 Penentuan Diameter Pipa Horizontal dengan Kemiringan 1%

Ukuran pipa	Debit (kemiringan 1%)	Luas bidang datar horisontal maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai curah hujan (m ²)					
		25,4 mm/jam	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam	162,4 mm/jam
Inci	L/dt						
3	0,06	305	153	102	76	61	51
4	2,04	699	349	233	175	140	116
5	4,68	1241	621	414	310	248	207
6	8,34	1988	994	663	497	398	331
8	13,32	4273	2137	1427	1068	855	713
10	28,68	7692	3846	2564	1923	1540	1282
12	51,6	12374	6187	4125	3094	2476	2062
15	83,04	22110	11055	7370	5528	4422	3683

Tabel 2. 10 Penentuan Diameter Pipa Horizontal dengan Kemiringan 2%

Ukuran pipa	Debit (kemiringan 2%)	Luas bidang datar horisontal maksimum yang diperbolehkan pada Berbagai nilai curah hujan (m ²)					
		25,4 mm/jam	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam	162,4 mm/jam
Inci	L/dt						
3	2,88	431	216	144	108	86	72
4	6,6	985	492	328	246	197	164
5	11,76	1754	877	585	438	351	292
6	18,84	2806	1403	935	701	561	468
8	40,62	6057	3029	2019	1514	1211	1012
10	72,84	10851	5425	3618	2713	2169	1812
12	117,18	17465	8733	5816	4366	3493	2912
15	209,46	31214	15607	10405	7804	6248	5202

Tabel 2. 11 Penentuan Diameter Pipa Horizontal dengan Kemiringan 4%

Ukuran pipa	Debit (Kemiringan 4%)	Luas bidang datar horisontal maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai curah hujan (m ²)					
		25,4 mm/jam	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam	162,4 mm/jam
Inci	L/dt						
3	4,1	611	305	204	153	122	102
4	9,4	1397	699	465	349	280	232
5	16,7	2482	1241	827	621	494	413
6	26,7	3976	1988	1325	994	797	663
8	57,4	8547	4273	2847	2137	1709	1423
10	103,3	15384	7692	5128	3846	3080	2564
12	166,1	24749	12374	8250	6187	4942	4125
15	296,8	44220	22110	14743	11055	8844	7367

Sumber: UPC 2012 – IAPMO Tabel 1101.7

b) Pipa tegak

- 1) Tentukan jumlah pipa
- 2) Hitung luas Atap = A (m²)
- 3) Tentukan Intensitas Hujan = I (mm/jam)
- 4) Tentukan Debit Hujan = Q (lt/detik)
- 5) Untuk menentukan Diameter pipa tegak, dapat dilihat pada Tabel 2.12

Tabel 2. 12 Penentuan Diameter Pipa Tegak

Ukuran saluran atau pipa air hujan	Debit	Luas atap maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai curah hujan(m ²)											
		25,4 mm/j	50,8 mm/j	76,2 mm/j	101,6 mm/j	127 mm/j	162,4 mm/j	178 mm/j	203 mm/j	229 mm/j	254 mm/j	279 mm/j	305 mm/j
inci	L/dt'												
2	1.8	268	134	89	67	53	45	38	33	30	27	24	22
3	5.52	818	409	272	204	164	137	117	102	91	82	74	68
4	11.52	1709	855	569	427	342	285	244	214	190	171	156	142
5	21.6	3214	1607	1071	804	643	536	459	402	357	321	292	268
6	33.78	5017	2508	1672	1254	1003	836	717	627	557	502	456	418
8	72.48	10776	5388	3592	2694	2155	1794	1539	1347	1197	1078	980	892

Sumber: UPC 2012 – IAPMO Tabel 1101.11

2.2.13 Analisis Perencanaan Sumur Resapan

Perencanaan sumur resapan bertujuan untuk mengetahui tinggi muka air tanah yang diukur langsung dari sumur, untuk mengetahui nilai permeabilitas tanah dan juga untuk menghitung dimensi sumur resapan. dan sumur resapan dibuat untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah.

a. Volume andil banjir

Untuk menghitung volume andil banjir digunakan rumus:

$$V_{ab} = 0,855 C_{tadaha} A_{tadaha} R \tag{2.29}$$

Keterangan:

- V_{ab} = Volume andil banjir yang akan ditampung sumur resapan (m³)
- C_{tadaha} = Koefisien limpasan dari bidang tadah (tanpa satuan)
- A_{tadaha} = Luas bidang tadah (m²)
- R = Tinggi hujan harian rata-rata (L/m² hari)

b. Volume air hujan yang meresap

Untuk volume air hujan yang meresap digunakan rumus:

$$V_{rsp} = t_e/24.A_{total}.K \tag{2.30}$$

Keterangan:

- V_{rsp} = Volume air hujan yang meresap (m³)
- t_e = Durasi hujan efektif (jam). =0,9. $R^{0,92}$ /60 (jam)
- A_{total} = Luas dinding sumur + luas alas sumur (m²)
- K = Koefisien permeabilitas tanah (mm/hari)

c. Volume penampungan (storasi)

Volume penampungan (storasi) air hujan digunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{storasi} = V_{ab} - V_{rsp} \quad (2.31)$$

d. Jumlah sumur resapan

Penentuan jumlah sumur resapan air hujan, terlebih dahulu menghitung H_{total} sebagai berikut:

$$H_{total} = \frac{V_{ab} - V_{rsp}}{Ah} \quad (2.32)$$

Untuk jumlah sumur resapan digunakan rumus:

$$n = \frac{H_{total}}{H_{rencana}} \quad (2.33)$$

Keterangan:

H_{total} = kedalaman total sumur resapan air hujan (m)

Ah = Luas alas sumur (m^2)

n = Jumlah sumur resapan

$H_{rencana}$ = Kedalaman yang direncanakan < kedalaman air tanah (m).

2.2.14 Analisis Perencanaan Saluran Drainase

Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.

Berikut rumus dari saluran trapesium:

$$A = (b + xy)y \quad (2.34)$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + x^2} \quad (2.35)$$

$$T = b + 2xy \quad (2.36)$$

$$R = \frac{(b+xy)y}{b+2y\sqrt{1+x^2}} \quad (2.37)$$

$$Dm = \frac{(b+xy)y}{b+2xy} \quad (2.38)$$

Keterangan:

A = Luas penampang basah (m^2)

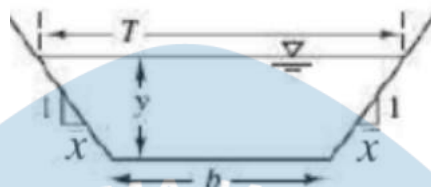
P = Keliling basah saluran

T = Lebar permukaan saluran

R = Jari-jari hidrolis (m)

D = Kedalaman rata-rata hidrolik (m)

- x = Kemiringan dinding saluran
- y = Tinggi muka air (m)
- b = Lebar dasar saluran
- W = Tinggi jagaan (m)



Gambar 2. 1 Penampang Saluran Drainase

2.2.15 Menentukan Kecepatan Aliran

Untuk menentukan kecepatan aliran yang mengalir di saluran drainase digunakan rumus Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.39)$$

Keterangan:

- V = Kecepatan aliran (m/detik)
- R = Jari-jari Hidrolis (m)
- n = Koefisien kekasaran Manning (Tabel 2.13)
- C = $\frac{R^{1/6}}{n}$
- S = Kemiringan dasar saluran (%)

Tabel 2. 13 Koefisien Kekasaran Manning

No	Type of channel & description	Manning's Roughness Coefficients, n		
		Minimum	Normal	Maximum
1	Concrete			
	• Culvert, straight and free debris	0.010	0.011	0.013
	• Culvert with bends, connections, and some debris	0.011	0.013	0.014
	• Finished	0.011	0.012	0.014
	• Sewer with manholes, inlet, etc., straight	0.013	0.015	0.017
2	Excavated or Dredged (Soil, straight and uniform)			
	• Clean, recently completed	0.016	0.018	0.020
	• Clean, after weathering	0.018	0.022	0.025
	• Gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
	• With short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033
3	Natural streams			
	• Clean, straight, full stage, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
	• Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.035	0.040
	• Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
	• (Flood plain) pasture, no brush, short grass	0.025	0.030	0.035
	• (Flood plain) scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070

Completed lists on book "Open Channel Hydraulics by Ven Te Chow Pages 110-113"

2.3 Pembahasan

2.3.1 Perhitungan Kebutuhan Air Berdasarkan Luas Gedung

a) Luas gedung seluruhnya

$$\text{Lantai 1} = 1.105 \text{ m}^2$$

$$\text{Lantai 2} = 618 \text{ m}^2$$

$$\text{Lantai 3} = 641 \text{ m}^2$$

$$\text{Lantai 4} = 616 \text{ m}^2$$

$$\text{Lantai 5} = 616 \text{ m}^2$$

$$\text{Lantai 6} = 616 \text{ m}^2$$

$$\text{Total Luas Lantai} = 4.212 \text{ m}^2$$

b) Luas Gedung Efektif

$$\text{Luas gedung efektif hotel} = 55\% \text{ (dari Tabel 2.1)}$$

$$\text{Luas gedung efektif} = \text{Bangunan} \times \text{Luas total}$$

$$= 55\% \times 4.212$$

$$\text{Luas gedung efektif} = 2316,6 \text{ m}^2$$

c) Kepadatan penghuni

$$\text{Kepadatan Penghuni} = \frac{\text{Luas gedung efektif}}{(5\text{m}^2 - 10\text{m}^2)/\text{orang}}$$

$$\text{Kepadatan Penghuni} = \frac{2316,6}{10}$$

$$= 232 \text{ orang}$$

d) Pemakaian air rata-rata sehari (Qd)

Pemakaian air rata sehari-hari hotel = 250 liter (dari Tabel 2.1)

$$Q_d = \text{Hunian} \times \text{Pemakaian air sehari-hari}$$

$$Q_d = 232 \times 250$$

$$= 58000 \text{ lt/hari}$$

$$= 58 \text{ m}^3/\text{hari} \text{ (ditambahkan 10\%, untuk kebocoran, dll)}$$

$$= 63,8 \text{ m}^3/\text{hari}$$

e) Pemakaian air rata-rata efektif (Qh)

T hotel = 6 jam/hari (dapat dilihat pada Tabel 2.1)

$$Q_h = \frac{Q_d \text{ total}}{T}$$

$$Q_h = \frac{63,8}{6}$$

$$= 10,63 \text{ m}^3/\text{jam}$$

f) Pemakaian air jam puncak

C1 = Konstanta (berkisar antara 1,5 - 2,0)

C2 = Konstanta (berkisar antara 3,0 - 4,0)

$$Q_h \text{ max} = C1 \times Q_h$$

$$= 2 \times 10,63$$

$$= 21,27 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,3544 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_m \text{ max} = C2 \times Q_h$$

$$= 3 \times 10,63$$

$$= 31,9 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,53167 \text{ m}^3/\text{menit}$$

2.3.2 Perhitungan Kebutuhan Air Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plambing

Untuk memudahkan perhitungan, perhitungan dilakukan dengan menggunakan tabel, seperti yang terlihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Perhitungan Pemakaian Air Rata-Rata Efektif Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plambing

Jenis Alat Plambing	Jumlah Alat Plambing	Pemakaian Air Sekali Penggunaan (Lt)	Penggunaan / Jam	Debit Aliran (Lt/Jam)	Faktor Pemakaian (%)	Qefektif (Lt/Jam)
Kloset Katup Gelontor (Umum)	65	16,5	12	12870	12,75	1640,925
Urinal Stall (Umum)	4	5	20	400	75	300
Bak Cuci Tangan (Umum)	46	10	12	5520	38,4	2119,68
Shower (Umum)	60	60	3	10800	36,5	3942
Total Qh =						8002,605 (lt/jam)
						= 8,0026 m ³ /jam
						= 0,1334 (m ³ /menit)

2.3.3 Perhitungan Kebutuhan Air Kolam Renang

a) Mencari volume kolam renang dewasa

$$P = 15 \text{ m}$$

$$L = 9 \text{ m}$$

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

$$V = P \times L \times T$$

$$= 15 \times 9 \times 2$$

$$= 270 \text{ m}^3$$

b) Mencari Volume kolam renang anak

$$P = 7 \text{ m}$$

$$L = 9 \text{ m}$$

$$T = 0,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 V &= P \times L \times T \\
 &= 7 \times 9 \times 0,8 \\
 &= 50,4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

c) Mencari volume kolam renang keseluruhan

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &= V_{\text{kolam renang dewasa}} + V_{\text{kolam renang anak}} \\
 &= 270 + 50,4 \\
 &= 320,4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

d) Asumsi kehilangan air oleh pemakai dan evaporasi = 1% dari volume kolam

Maka kehilangan air yang terjadi:

$$\begin{aligned}
 \text{Kolam dewasa} &= 1\% \times V_{\text{kolam renang dewasa}} \\
 &= 1\% \times 270 \\
 &= 2,7 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kolam anak-anak} &= 1\% \times V_{\text{kolam renang anak-anak}} \\
 &= 1\% \times 50,4 \\
 &= 0,504 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

e) Proses resirkulasi kolam dilakukan 2x sehari.

Sehingga volume air yang harus ditambahkan dalam waktu 1 hari

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kehilangan air pada kolam renang dewasa} + \text{kehilangan air pada kolam} \\
 &\text{renang anak-anak} \times \text{Jumlah resirkulasi} \\
 &= (2,7 + 0,504) \times 2 \\
 &= 6,408 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

f) Total kebutuhan air untuk kolam renang, resirkulasi air kolam adalah

$$\begin{aligned}
 &= \text{Volume Kolam Renang Keseluruhan} + \text{volume air yang harus ditambahkan} \\
 &\text{dalam waktu 1 hari} \\
 &= 320,4 + 6,408 \\
 &= 326,808 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 13,617 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

2.3.4 Perhitungan Kebutuhan Reservoir Bawah

$$Q_h = 10,63 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$T = 6 \text{ jam/hari (hotel)}$$

a) Kapasitas pipa dinas (Q_s)

$$Q_s = \frac{2}{3} Q_h$$

$$Q_s = \frac{2}{3} 10,63$$

$$= 7,089 \text{ m}^3/\text{jam}$$

b) Volume *ground reservoir*

$$\text{Volume Ground reservoir} = [Q_d - (Q_s \times T)]$$

$$\text{Volume} = [63,8 - (7,089 \times 6)]$$

$$= 21,267 \text{ m}^3$$

c) Dimensi *ground reservoir*

$$\text{Panjang} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Efektif} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Free Board} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Total} = 1,65 \text{ m}$$

2.3.5 Perhitungan Reservoir Atas

$$Q_p = 0,532 \text{ m}^3/\text{menit} = Q_{m-\max}$$

$$Q_{h-\max} = 0,118 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_{pu} = 0,532 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$T_p = 30 \text{ menit}$$

$$T_{pu} = 10 \text{ menit}$$

a) Volume *roof tank*

$$V_E = [(Q_p - Q_{h-\max})T_p - (Q_{pu} T_{pu})]$$

$$V_E = [(0,532 - 0,118)30 - (0,532 \times 10)]$$

$$= 17,722 \text{ m}^3$$

b) Dimensi *roof tank*

$$\text{Panjang} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Efektif} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Free Board} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Total} = 1,65 \text{ m}$$

2.3.6 Perhitungan Penentuan Ukuran Pipa

Untuk memudahkan dalam menentukan ukuran pipa, perhitungan menggunakan tabel. Perhitungan dapat dilihat dari Tabel 2.15 – Tabel 2.20 dan gambar isometri dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Tabel 2. 15 Perhitungan Ukuran Pipa Air Bersih Lantai 1

Notasi	Alat Plumbing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
LANTAI 1	2	2,5	1	2			
A1			1		1	1,81	3/4
A2			1		1	1,15	3/4
A3			2		2	1,04	3/4
A4			1		1	1,15	3/4
A5			3		3	0,67	3/4
A6			1		1	1,15	3/4
A7			4		4	4,59	3/4
A8		2			5	1,61	3/4
A9		2			5	0,8	3/4
A10		4			10	0,81	3/4
A11		2			5	0,8	3/4
A12		6			15	0,81	3/4
A13		2			5	0,8	3/4
A14		8			20	0,81	1
A15		2			5	0,8	3/4
A16		10			25	0,81	1
A17		2			5	0,8	3/4
A18		12			30	0,31	1
A19		12	4		34	4,57	1
A20			1		1	1,15	3/4
A21		12	5		35	0,67	1
A22			1		1	1,15	3/4
A23		12	6		36	1,04	1
A24			1		1	1,15	3/4
A25		12	7		37	0,66	1 1/4
A26			1		1	1,15	3/4
A27		12	8		38	0,56	1 1/4
B1	1				2	2,15	3/4
B2	1				2	1,15	3/4
B3	2				4	1	3/4
B4	1				2	1,15	3/4

Lanjutan Tabel 2.15 Perhitungan Ukuran Pipa Air Bersih Lantai 1

Notasi	Alat Plumbing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (Inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
LANTAI 1	2	2,5	1	2			
B5	3				6	1	3/4
B6	1				2	1,15	3/4
B7	4				8	6,23	3/4
B8	1				2	2,15	3/4
B9	1				2	1,15	3/4
B10	2				4	1	3/4
B11	1				2	1,15	3/4
B12	3				6	1	3/4
B13	1				2	1,15	3/4
B14	4				8	0,28	3/4
B15	8				16	8,03	3/4
B16	1				2	2,15	3/4
B17	1				2	1,15	3/4
B18	2				4	1	3/4
B19	1				2	1,15	3/4
B20	3				6	1	3/4
B21	1				2	1,15	3/4
B22	4				8	0,28	3/4
B23	12				24	5,97	1
B24	1				2	2,15	3/4
B25	1				2	1,15	3/4
B26	2				4	1	3/4
B27	1				2	1,15	3/4
B28	3				6	1	3/4
B29	1				2	1,15	3/4
B30	4				8	0,28	3/4
B31	16				32	24,32	1

Tabel 2. 16 Perhitungan Ukuran Pipa Air Bersih Lantai 2

Notasi LANTAI 2	Alat Plumbing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower 2	Toilet 2,5	Wastafel 1	Urinoir 2			
A1			1		1	2,08	3/4
A2		1			2,5	0,65	3/4
A3		1	1		3,5	0,75	3/4
A4		1			2,5	0,65	3/4
A5		2	1		6	0,7	3/4
A6			1		1	1,15	3/4
A7		2	2		7	0,05	3/4
A8		1			2,5	0,65	3/4
A9		3	2		9,5	0,39	3/4
A10			1		1	1,76	3/4
A11				1	2	1,15	3/4
A12			1	1	3	0,48	3/4
A13				1	2	1,15	3/4
A14			1	2	5	0,48	3/4
A15				1	2	1,15	3/4
A16			1	3	7	0,48	3/4
A17				1	2	1,15	3/4
A18			1	4	9	0,31	3/4
A19		3	3	4	18,5	0,24	1
A20			1		1	1,15	3/4
A21		3	4	4	19,5	1,04	1
A22			1		1	1,15	3/4
A23		3	5	4	20,5	0,13	1
A24		1			2,5	0,65	3/4
A25		4	5	4	23	0,54	1
A26			1		1	1,15	3/4
A27		4	6	4	24	0,21	1
A28		1			2,5	0,65	3/4
A29		5	6	4	26,5	4,37	1
A30		2			5	1,61	3/4
A31		2			5	0,8	3/4
A32		4			10	0,81	3/4
A33		2			5	0,8	3/4
A34		6			15	0,81	3/4
A35		2			5	0,8	3/4
A36		8			20	0,81	1
A37		2			5	0,8	3/4

Lanjutan Tabel 2.16 Perhitungan Ukuran Pipa Air Bersih Lantai 2

Notasi	Alat Plumbing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
LANTAI 2	2	2,5	1	2			
A38		10			25	0,81	1
A39		2			5	0,8	3/4
A40		12			30	0,31	1
A41		17	6	4	56,5	4,57	1 1/4
A42			1		1	1,15	3/4
A43		17	7	4	57,5	0,67	1 1/4
A44			1		1	1,15	3/4
A45		17	8	4	58,5	1,04	1 1/4
A46			1		1	1,15	3/4
A47		17	9	4	59,5	0,66	1 1/4
A48			1		1	1,15	3/4
A49		17	10	4	60,5	0,56	1 1/4

Tabel 2. 17 Perhitungan Ukuran Pipa Air Bersih Lantai 3

Notasi	Alat Plumbing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
LANTAI 3	2	2,5	1	2			
A1			1		1	1,81	3/4
A2			1		1	1,15	3/4
A3			2		2	1,04	3/4
A4			1		1	1,15	3/4
A5			3		3	0,67	3/4
A6			1		1	1,15	3/4
A7			4		4	4,59	3/4
A8		2			5	1,61	3/4
A9		2			5	0,8	3/4
A10		4			10	0,81	3/4
A11		2			5	0,8	3/4
A12		6			15	0,81	3/4
A13		2			5	0,8	3/4
A14		8			20	0,81	1
A15		2			5	0,8	3/4
A16		10			25	0,81	1
A17		2			5	0,8	3/4
A18		12			30	0,31	1

Lanjutan Tabel 2.17 Perhitungan Ukuran Pipa Air Bersih Lantai 3

Notasi	Alat Plambing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
LANTAI 3	2	2,5	1	2			
A19		12	4		34	4,57	1
A20			1		1	1,15	3/4
A21		12	5		35	0,67	1
A22			1		1	1,15	3/4
A23		12	6		36	1,04	1
A24			1		1	1,15	3/4
A25		12	7		37	0,66	1 1/4
A26			1		1	1,15	3/4
A27		12	8		38	0,56	1 1/4

Tabel 2. 18 Perhitungan Ukuran Pipa Air Bersih Lantai 4

Notasi	Alat Plambing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
LANTAI 4	2	2,5	1	2			
A1			1		1	1,82	3/4
A2			1		1	1,15	3/4
A3			2		2	5,36	3/4
A4	1				2	1,15	3/4
A5	1		2		4	1	3/4
A6	1				2	1,15	3/4
A7	2		2		6	1	3/4
A8	1				2	1,15	3/4
A9	3		2		8	1	3/4
A10	1				2	1,15	3/4
A11	4		2		10	1	3/4
A12	1				2	1,15	3/4
A13	5		2		12	1	3/4
A14	1				2	1,15	3/4
A15	6		2		14	4,2	3/4
A16			1		1	1,82	3/4
A17			1		1	1,15	3/4
A18			2		2	0,6	3/4
A19	6		4		16	0,4	3/4
A20		1			2,5	0,65	3/4
A21	6	1	4		18,5	0,8	1
A22		1			2,5	0,65	3/4

Lanjutan Tabel 2.18 Perhitungan Ukuran Pipa Air Bersih Lantai 4

Notasi	Alat Plambing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
LANTAI 4	2	2,5	1	2			
A23	6	2	4		21	0,8	1
A24		1			2,5	0,65	3/4
A25	6	3	4		23,5	0,8	1
A26		1			2,5	0,65	3/4
A27	6	4	4		26	0,8	1
A28		1			2,5	0,65	3/4
A29	6	5	4		28,5	0,82	1
A30		1			2,5	0,65	3/4
A31	6	6	4		31	0,8	1
A32		1			2,5	0,65	3/4
A33	6	7	4		33,5	0,8	1
A34		1			2,5	0,65	3/4
A35	6	8	4		36	0,8	1
A36		1			2,5	0,65	3/4
A37	6	9	4		38,5	0,8	1 1/4
A38		1			2,5	0,65	3/4
A39	6	10	4		41	0,38	1 1/4
A40			1		1	1,82	3/4
A41			1		1	1,15	3/4
A42			2		2	0,6	3/4
A43	6	10	6		43	4,2	1 1/4
A44	1				2	1,15	3/4
A45	7	10	6		45	1	1 1/4
A46	1				2	1,15	3/4
A47	8	10	6		47	1	1 1/4
A48	1				2	1,15	3/4
A49	9	10	6		49	1	1 1/4
A50	1				2	1,15	3/4
A51	10	10	6		51	0,24	1 1/4
A52			1		1	1,82	3/4
A53			1		1	1,15	3/4
A54			2		2	5,36	3/4
A55	1				2	1,15	3/4
A56	1		2		4	1	3/4
A57	1				2	1,15	3/4
A58	2		2		6	0,76	3/4
A59	12	10	8		57	0,15	1 1/4

Tabel 2. 19 Perhitungan Ukuran Pipa Air Bersih Lantai 5

Notasi	Alat Plambing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
LANTAI 5	2	2,5	1	2			
A1			1		1	1,81	3/4
A2			1		1	1,15	3/4
A3			2		2	0,32	3/4
A4			1		1	1,81	3/4
A5			1		1	1,15	3/4
A6			2		2	0,32	3/4
A7			4		4	0,79	3/4
A8	2				4	1,3	3/4
A9	2		4		8	0,98	3/4
A10	2				4	1,3	3/4
A11	4		4		12	4,29	3/4
A12	2				4	2,3	3/4
A13	2				4	1,3	3/4
A14	4				8	0,98	3/4
A15	2				4	1,3	3/4
A16	6				12	0,21	3/4
A17	10		4		24	4,64	1
A18		1			2,5	0,65	3/4
A19	10	1	4		26,5	0,8	1
A20		1			2,5	0,65	3/4
A21	10	2	4		29	0,8	1
A22		1			2,5	0,65	3/4
A23	10	3	4		31,5	0,8	1
A24		1			2,5	0,65	3/4
A25	10	4	4		34	0,39	1
A26	1				2	1,56	3/4
A27			1		1	1,15	3/4
A28	1		1		3	0,65	3/4
A29	1		1		3	1,3	3/4
A30	2		2		6	4,7	3/4
A31	2				4	2,36	3/4
A32	2				4	1,3	3/4
A33	4				8	0,7	3/4
A34	6		2		14	4,57	3/4
A35		1			2,5	0,65	3/4
A36	6	1	2		16,5	0,8	3/4
A37		1			2,5	0,65	3/4

Lanjutan Tabel 2.19 Perhitungan Ukuran Pipa Air Bersih Lantai 5

Notasi	Alat Plumbing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
LANTAI 5	2	2,5	1	2			
A38	6	2	2		19	0,8	1
A39		1			2,5	0,65	3/4
A40	6	3	2		21,5	0,41	1
A41	16	7	6		55,5	0,15	1 1/4

Tabel 2. 20 Perhitungan Ukuran Pipa Air Bersih Lantai 6

Notasi	Alat Plumbing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
LANTAI 6	2	2,5	1	2			
A1			1		1	1,81	3/4
A2			1		1	1,15	3/4
A3			2		2	0,32	3/4
A4			1		1	1,81	3/4
A5			1		1	1,15	3/4
A6			2		2	0,32	3/4
A7			4		4	0,79	3/4
A8	2				4	1,3	3/4
A9	2		4		8	0,98	3/4
A10	2				4	1,3	3/4
A11	4		4		12	4,29	3/4
A12	2				4	2,3	3/4
A13	2				4	1,3	3/4
A14	4				8	0,98	3/4
A15	2				4	1,3	3/4
A16	6				12	0,21	3/4
A17	10		4		24	4,64	1
A18		1			2,5	0,65	3/4
A19	10	1	4		26,5	0,8	1
A20		1			2,5	0,65	3/4
A21	10	2	4		29	0,8	1
A22		1			2,5	0,65	3/4
A23	10	3	4		31,5	0,8	1
A24		1			2,5	0,65	3/4
A25	10	4	4		34	0,39	1

Notasi	Alat Plambing				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
LANTAI 6	2	2,5	1	2			
A26	1				2	1,56	3/4
A27			1		1	1,15	3/4
A28	1		1		3	0,65	3/4
A29	1		1		3	1,3	3/4
A30	2		2		6	4,7	3/4
A31	2				4	2,36	3/4
A32	2				4	1,3	3/4
A33	4				8	0,7	3/4
A34	6		2		14	4,57	3/4
A35		1			2,5	0,65	3/4
A36	6	1	2		16,5	0,8	3/4
A37		1			2,5	0,65	3/4
A38	6	2	2		19	0,8	1
A39		1			2,5	0,65	3/4
A40	6	3	2		21,5	0,41	1
A41	16	7	6		55,5	0,15	1 1/4

Tabel 2. 21 Perhitungan Ukuran Pipa Tegak Air Bersih

Notasi	Nilai UBAP				Total	Panjang Pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Shower	Toilet	Wastafel	Urinoir			
PIPA TEGAK	2	2,5	1	2			
P1	32	17,5	6		55,5	3,6	1 1/4
P2	64	35	12		111	3,6	1 1/2
P3	88	60	20		168	3,6	2
P4	88	90	28		206	3,6	2
P5	88	132,5	38	8	266,5	3,6	2
P6	120	162,5	46	8	336,5	3,75	2

2.3.7 Perhitungan Kebutuhan Daya Pompa (P)

$$P = \frac{p \cdot g \cdot Q \cdot H}{80\%}$$

$$\rho = 998,23 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
Q &= 31,9 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,0089 \text{ m}^3/\text{s} = 0,5317 \text{ m}^3/\text{menit} \\
v &= 2 \text{ m/s} \\
H_a &= 23,6 \text{ m} \\
A &= 0,0089/2 = 0,004431 \text{ m}^2 \\
d &= 75 \text{ mm} = 90 \text{ mm (diameter pasaran)} = 0,09 \text{ m} \\
C &= 150 \text{ (untuk pipa PVC, PE, PPR)}
\end{aligned}$$

Major head loss (H_f) dihitung dengan rumus persamaan Hazen-Williams

$$\begin{aligned}
L &= 27,5 \text{ m} \\
h_f &= \frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \times L \\
&= \frac{10,67 \times 0,0089^{1,85}}{150^{1,85} \times 0,09^{4,87}} \times 27,5 \\
&= 0,546 \text{ m}
\end{aligned}$$

Kerugian head oleh *plumbing accessories* (H_e)

$$h_e = K \frac{V^2}{2g}$$

a) Kehilangan pada pemasukan (*inlet*)

$$K = 0,5$$

$$\begin{aligned}
h_e &= 0,5 \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} \\
&= 0,1019 \text{ m}
\end{aligned}$$

b) Kehilangan pada bagian keluar (*outlet*)

$$K = 1$$

$$\begin{aligned}
h_e &= 1 \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} \\
&= 0,2039 \text{ m}
\end{aligned}$$

c) Kehilangan karena belokan

$$K = 0,64 \text{ (screwed elbow 10 cm)}$$

$$\begin{aligned}
h_e &= 0,64 \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} \\
&= 0,1305 \text{ m}
\end{aligned}$$

d) Total He

$$\begin{aligned} \text{He} &= 0,1019 + 0,2039 + 0,1305 \\ &= 0,4363 \text{ m} \end{aligned}$$

Kerugian gesek dalam pipa (Hfsd)

$$\begin{aligned} \text{Hfsd} &= \text{Hf} + \text{He} \\ &= 0,546 + 0,4363 \\ &= 0,9826 \text{ m} \end{aligned}$$

Head velocity (Hv)

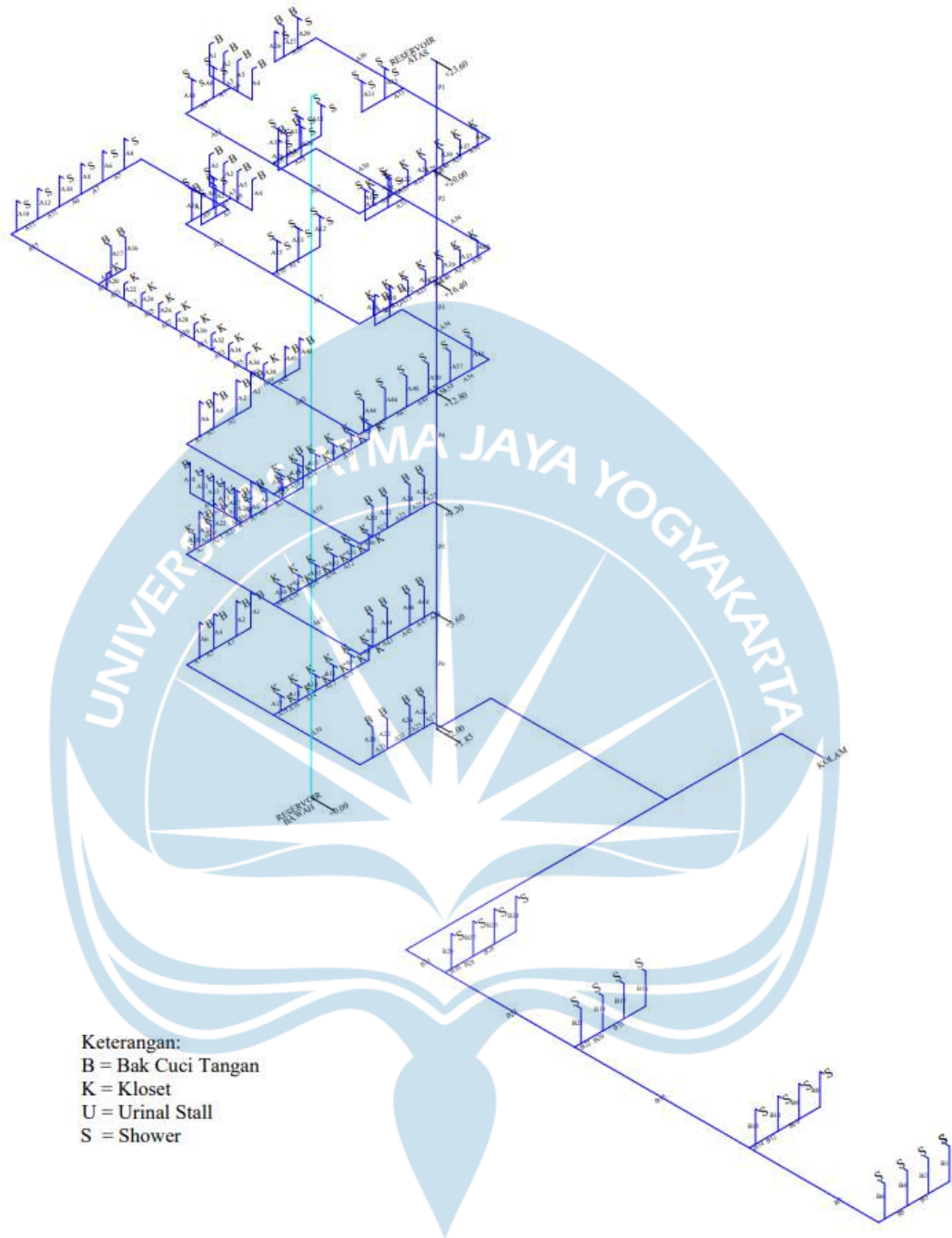
$$\begin{aligned} \text{Hv} &= v^2/2g \\ &= 2^2/2 \cdot 9,81 \\ &= 0,204 \text{ m} \end{aligned}$$

Total Head (H)

$$\begin{aligned} \text{H} &= \text{Ha} + \text{Hfsd} + \text{Hv} \\ &= 23,6 + 0,9826 + 0,204 \\ &= 24,7866 \text{ m} \end{aligned}$$

Daya Pompa (P)

$$\begin{aligned} \text{P} &= \frac{998,21 \cdot 9,81 \cdot 0,0089 \cdot 24,7149}{80\%} \\ &= 2680,756 \text{ watt} \\ &= 2,6807 \text{ Kw} \end{aligned}$$



Gambar 2. 2 Isometri Pipa Air Bersih

2.3.8 Perhitungan Frekuensi Curah Hujan

Data curah hujan diambil dari stasiun Ngawen dari tahun 1985 – 1996. Data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 2.22.

Tabel 2. 22 Data Curah Hujan

Tahun	R ₂₄ (mm)
1985	96,0
1986	112,0
1987	76,5
1988	109,4
1989	78,9
1990	84,2
1991	80,5
1992	143,0
1993	90,0
1994	82,0
1995	73,5
1996	90,0
Rata-rata	93,00
Max	143
Min	74

Tabel 2. 23 Perhitungan Parameter Statistik Curah Hujan

Tahun	n	Hujan (Xi)	(Xi-Xrt)	(Xi-Xrt) ²	(Xi-Xrt) ³	(Xi-Xrt) ⁴
1985	1	96,0	3,00	9,00	27,00	81,00
1986	2	112,0	19,00	361,00	6859,00	130321,00
1987	3	76,5	-16,50	272,25	-4492,13	74120,06
1988	4	109,4	16,40	268,96	4410,94	72339,48
1989	5	78,9	-14,10	198,81	-2803,22	39525,42
1990	6	84,2	-8,80	77,44	-681,47	5996,95
1991	7	80,5	-12,50	156,25	-1953,13	24414,06
1992	8	143,0	50,00	2500,00	125000,00	6250000,00
1993	9	90,0	-3,00	9,00	-27,00	81,00
1994	10	82,0	-11,00	121,00	-1331,00	14641,00
1995	11	73,5	-19,50	380,25	-7414,88	144590,06
1996	12	90,0	-3,00	9,00	-27,00	81,00
Total		1116,0	0,0	4363,0	117567,1	6756191,0

$$\text{Standar Deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{X_i - \bar{X}\}^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{4363}{12-1}}$$

$$\text{Sd} = 19,9156$$

$$\text{Koef. Variasi (Cv)} = \frac{S_d}{\bar{x}}$$

$$= \frac{19,9156}{93}$$

$$\text{Cv} = 0,2141$$

$$\text{Koef. Kemencengan} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \{X_i - \bar{X}\}^3}{(n-1)(n-2)S_d^3}$$

$$= \frac{12.117567,1}{(12-1)(12-2)19,9156^3}$$

$$\text{Cs} = 1,623647108$$

$$\text{Koef. Kurtosis Ck} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{X_i - \bar{X}\}^4}{S_d^4}$$

$$= \frac{\frac{1}{12} 6756191}{19,9156^4}$$

$$= 6,2467$$

Tabel 2. 24 Menentukan Jenis Distribusi yang Sesuai

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Gumbel Tipe 1	$Cs \leq 1.1396$	1,6236 ≤ 1,1396	Tidak Memenuhi
		$Ck \leq 5.4002$	6,2467 ≤ 5,4002	
2	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$	1,6236 = 0,6523	Tidak Memenuhi
		$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2$	6,2467 = 0,7659	
3	Normal	$Cs \approx 0$	1,6236 ≈ 0	Tidak Memenuhi
		$Ck \approx 3$	6,2467 ≈ 3	
		$(x \pm s) = 68.27\%$	73,0844 = 68,270	
		$(x \pm 2s) = 95.44\%$	132,831 = 95,44	
4	Log-Pearson Tipe III	Jika tidak memenuhi semua syarat diatas		

2.3.9 Perhitungan Distribusi Curah Hujan dengan Metode Log Person Tipe-III dan Periode Ulang

Untuk memudahkan dalam menentukan distribusi curah hujan dan periode ulang, perhitungan menggunakan tabel. Perhitungan dapat dilihat dari Tabel 2.25 – Tabel 2.26.

Tabel 2. 25 Perhitungan Distribusi Log Person Tipe-III

Tahun	n	Hujan (Xi)	Log (X)	Log (Xrt)	(Log X - Log Xrt)	(Log X - Log Xrt)^2	(Log X - Log Xrt)^3	(Log X - Log Xrt)^4
1985	1	96,0	1,98	1,96	0,0217	0,0005	0,0000	0,0000
1986	2	112,0	2,05	1,96	0,0887	0,0079	0,0007	0,0001
1987	3	76,5	1,88	1,96	-0,0769	0,0059	-0,0005	0,0000
1988	4	109,4	2,04	1,96	0,0785	0,0062	0,0005	0,0000
1989	5	78,9	1,90	1,96	-0,0634	0,0040	-0,0003	0,0000
1990	6	84,2	1,93	1,96	-0,0352	0,0012	0,0000	0,0000
1991	7	80,5	1,91	1,96	-0,0547	0,0030	-0,0002	0,0000
1992	8	143,0	2,16	1,96	0,1948	0,0380	0,0074	0,0014
1993	9	90,0	1,95	1,96	-0,0063	0,0000	0,0000	0,0000
1994	10	82,0	1,91	1,96	-0,0467	0,0022	-0,0001	0,0000
1995	11	73,5	1,87	1,96	-0,0942	0,0089	-0,0008	0,0001
1996	12	90,0	1,95	1,96	-0,0063	0,0000	0,0000	0,0000
Total		1116	23,5	23,53	0,0000	0,0778	0,0067	0,0017
Xrerata		1,961						

Hujan Maksimum Rata-Rata (Log X rata2) = 1,9605
 Standar Deviasi (S) = 0,0841
 Koefisien Variasi (Cv) = 0,04289
 Koefisien Kemencengan (skewness) (Cs) = 1,2350
 Koefisien Keruncingan / Kortusis (Ck) = 4,9062

Tabel 2. 26 Perhitungan Intensitas Hujan dengan Periode Ulang 1-10 Tahun

No	Periode Ulang (Tahun)	Peluang (%)	S log X	log X rata2	Cs	k (dari tabel faktor frekuensi)	Y = log X	I (hujan maks. periode ulang)
1	1	99	0,0841	1,96	1,235	-1,515	1,833	68,099
2	2	50	0,0841	1,96	1,235	-0,180	1,945	88,184
3	5	20	0,0841	1,96	1,235	0,745	2,023	105,478
4	10	10	0,0841	1,96	1,235	1,341	2,073	118,379

2.3.10 Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Untuk memudahkan dalam menentukan intensitas curah hujan, perhitungan menggunakan tabel. Perhitungan dapat dilihat dari Tabel 2.27.

Tabel 2. 27 Perhitungan Intensitas Hujan

t (jam)	Intensitas hujan (mm/jam)			
	1 Thn	2 Thn	5 Thn	10 Thn
	68,0994	88,184	105,4780	118,3785
1	23,6087	30,5716	36,5672	41,0395
2	14,8726	19,2589	23,0359	25,8533
3	11,3499	14,6973	17,5797	19,7298
4	9,3691	12,1324	14,5117	16,2866

2.3.11 Perhitungan Debit Rancangan Dengan Metode Rasional

Untuk memudahkan dalam menentukan intensitas curah hujan, perhitungan menggunakan tabel. Perhitungan dapat dilihat dari Tabel 2.28.

Tabel 2. 28 Perhitungan Debit Rencana

No	Periode Ulang (Tahun)	t (jam)	I (Intensitas Hujan)	c	A (km ²)	Q (m ³ /det)
1	1	1	23,6087	0,75	0,000616	0,00303
		2	14,8726	0,75	0,000616	0,00191
		3	11,3499	0,75	0,000616	0,00146
		4	9,3691	0,75	0,000616	0,00120
2	2	1	30,5716	0,75	0,000616	0,00393
		2	19,2589	0,75	0,000616	0,00247
		3	14,6973	0,75	0,000616	0,00189
		4	12,1324	0,75	0,000616	0,00156
3	5	1	36,5672	0,75	0,000616	0,00470
		2	23,0359	0,75	0,000616	0,00296
		3	17,5797	0,75	0,000616	0,00226
		4	14,5117	0,75	0,000616	0,00186
4	10	1	41,0395	0,75	0,000616	0,00527
		2	25,8533	0,75	0,000616	0,00332
		3	19,7298	0,75	0,000616	0,00253
		4	16,2866	0,75	0,000616	0,00209

2.3.12 Perhitungan Kebutuhan Pipa Horizontal dan Pipa Tegak Drainase

a) Penentuan Pipa Horizontal

- 1) Jumlah Pipa = 3 buah
- 2) Luas Atap (A) = $616 \text{ m}^2/3$
= $205,33 \text{ m}^2$
- 3) Intensitas Hujan (I) = $41,0395 \text{ mm/jam}$
- 4) Debit Hujan (Q) = $5,27 \text{ lt/detik}$
- 5) Kemiringan = 1%
- 6) Berdasarkan Tabel 2.9, didapatkan diameter pipa (D) = 4 inci

b) Penentuan Pipa Tegak

- 1) Jumlah pipa = 3 buah
- 2) Luas Atap (A) = $616 \text{ m}^2/3$
= $205,33 \text{ m}^2$
- 3) Intensitas Hujan (I) = $41,0395 \text{ mm/jam}$
- 4) Debit Hujan (Q) = $5,27 \text{ lt/detik}$
- 5) Berdasarkan Tabel 2.12, didapatkan diameter pipa (D) = 3 inci

2.3.13 Perhitungan Perencanaan Sumur Resapan

a) Menghitung Volume andil banjir (V_{ab})

$$\begin{aligned}C_{tadahan} &= 0,75 \\A_{tadahan} &= 616 \text{ m}^2 \\R &= 105,478 \text{ L/m}^2/\text{hari} \\V_{ab} &= 0,855 C_{tadahan} A_{tadahan} R \\&= 0,855 \times 0,75 \times 616 \times 105,478 \\&= 41664,86 \text{ liter} \\&= 41,6648 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b) Menghitung Volume air hujan yang meresap (V_{rsp})

$$\begin{aligned}te &= 0,9.R^{0,92} / 2 \times 60 \\&= 0,9.105,478^{0,92} / 2 \times 60 \\&= 0,545 \text{ jam} \\D_{sumur} &= 1 \text{ m} \\H_{rencana} &= 6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Adinding sumur} &= 18,8496 \text{ m}^2 \\ \text{Aalas sumur} &= 0,7854 \text{ m}^2 \\ \text{Atotal} &= 19,635 \text{ m}^2 \\ \text{K} &= 1,44 \text{ m/hari} = 6 \text{ cm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vrsp} &= t_e/24 \cdot A_{\text{total}} \cdot K \\ &= 0,545/24 \times 19,635 \times 1,44 \\ &= 0,642 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

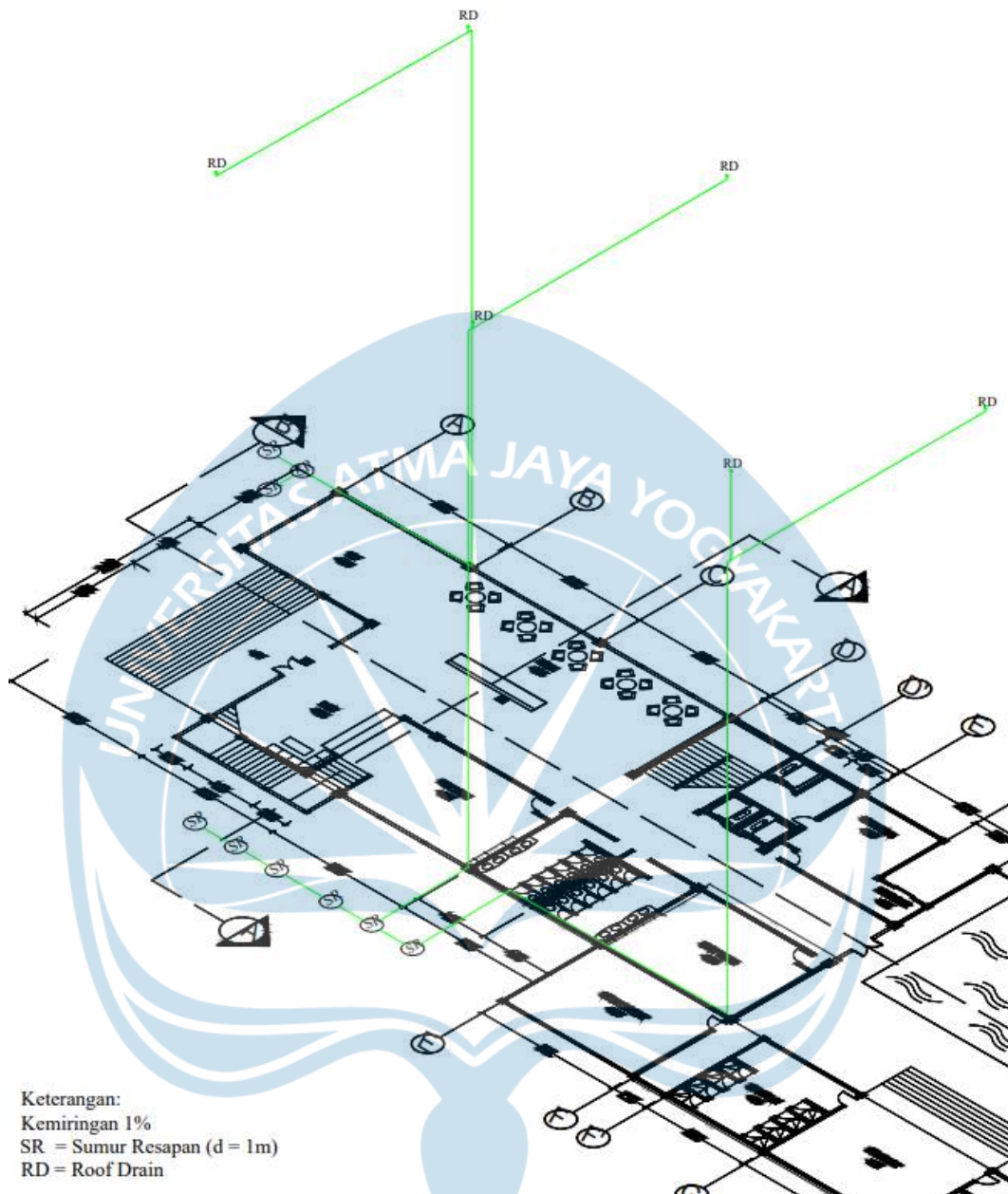
c) Menghitung Volume penampungan (V_{storasi})

$$\begin{aligned} \text{Vstorasi} &= V_{\text{ab}} - \text{Vrsp} \\ &= 41,6648 - 0,642 \\ &= 41,0228 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

d) Menghitung jumlah sumur resapan (n)

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= \frac{V_{\text{ab}} - \text{Vrsp}}{A_h} \\ &= \frac{41,0228}{0,7854} \\ &= 52,2319 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{H_{\text{total}}}{H_{\text{rencana}}} \\ &= \frac{52,2319}{6} \\ &= 8,705 \\ &= 9 \text{ buah} \end{aligned}$$



Gambar 2. 3 Isometri Pipa Drainase

2.3.14 Perhitungan Perencanaan Saluran Drainase

Luas perkerasan sekitar gedung = 2034,83 m²

I = 41,0395 mm/jam

C tadah = 0,9 (Perkerasan beton)

A tadah = 0,00203 km²

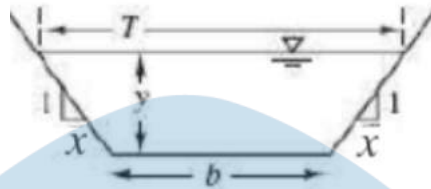
$Q = 0,278 \times I \times c \times A$

= 0,278 x 41,0395 x 0,9 x 0,00203

$$= 0,02089 \text{ m}^3/\text{s}$$

S = 1%

n = 0,015 (Tabel 2.13 Manning)



Gambar 2. 4 Perencanaan Penampang Saluran Drainase

Menghitung tinggi muka air (y)

$$Q = y^2 \sqrt{3} x \frac{1}{n} \left(\frac{y}{2}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$0,02089 = y^2 \sqrt{3} x \frac{1}{0,015} \left(\frac{y}{2}\right)^{\frac{2}{3}} 0,01^{\frac{1}{2}}$$

$$y = 0,12 \text{ m}$$

Menghitung lebar dasar saluran (b)

$$b = \frac{2}{3} y \sqrt{3}$$

$$b = \frac{2}{3} 0,12 \sqrt{3}$$

$$b = 0,14 \text{ m}$$

$$x = 1$$

Menghitung tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{\frac{y}{2}}$$

$$W = \sqrt{\frac{0,12}{2}}$$

$$W = 0,24 \text{ m}$$

Perhitungan penampang saluran drainase

$$A = (b + xy)y$$

$$= (0,14 + 1 \cdot 0,12) 0,12$$

$$= 0,0312 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 P &= b + 2y\sqrt{1+x^2} \\
 &= 0,14 + 2 \cdot 0,12\sqrt{1+1^2} \\
 &= 0,479 \text{ m}
 \end{aligned}$$

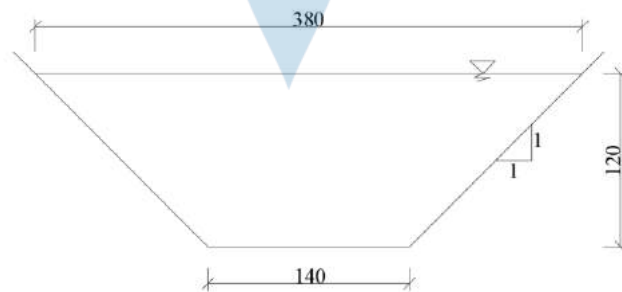
$$\begin{aligned}
 T &= b + 2xy \\
 &= 0,14 + 2 \cdot 1 \cdot 0,12 \\
 &= 0,38 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= (b+xy)y / (b+2y\sqrt{1+x^2}) \\
 &= 0,0312 / 0,479 \\
 &= 0,0651 \text{ m}
 \end{aligned}$$

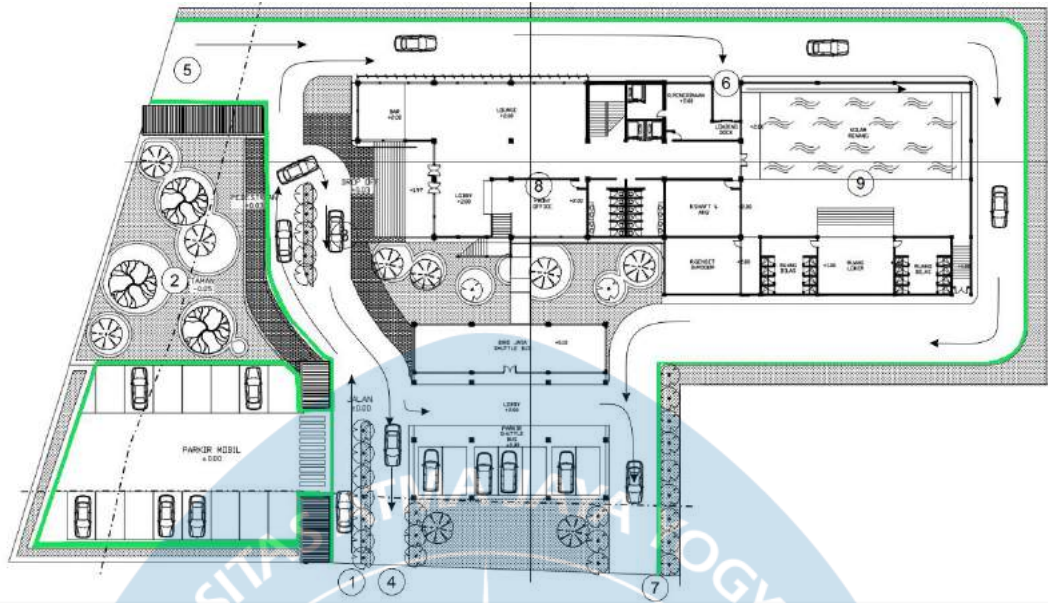
$$\begin{aligned}
 D_m &= (b+xy)y / (b+2xy) \\
 &= 0,0312 / 0,38 \\
 &= 0,0821 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

- x = Kemiringan dinding saluran
- y = Tinggi muka air (m)
- b = Lebar dasar saluran
- W = Tinggi jagaan (m)
- A = Luas penampang basah (m²)
- P = Keliling basah saluran
- T = Lebar permukaan saluran
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- D = Kedalaman rata-rata hidrolik (m)



Gambar 2. 5 Penampang Saluran Drainase



Gambar 2. 6 Letak Saluran Drainase

2.3.15 Perhitungan Kecepatan Aliran

Menghitung kecepatan aliran (V):

$$R = 0,0651 \text{ m}$$

$$n = 0,015$$

$$S = 1\%$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0,015} 0,0651^{2/3} 0,01^{1/2}$$

$$= 1,07863 \text{ m/s}$$