

BAB II

PERANCANGAN DRAINASE DAN PEMIPAAN

2.1 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Pada perhitungan kebutuhan air digunakan empat metode yaitu, berdasarkan jenis dan jumlah plambing, unit beban alat plambing, jumlah penghuni, dan luasan efektif. Berikut uraian hasil perhitungan dari keempat metode tersebut.

1. Metode jenis dan jumlah plambing

Metode ini digunakan apabila kondisi pemakaian alat plambing diketahui serta jumlah alat plambing yang ada pada setiap ruangan.

Tabel 1. Faktor Pemakaian (%) dan Jumlah Alat Plambing

Jumlah alat plambing (Y)% Jenis alat plambing	(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	10 10	
Alat plambing 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 dan Morimura,2005)

Pada Tabel 1, terdapat 2 jenis alat plambing yaitu, kloset dengan katup gelontor dan alat plambing biasa yang menjadi acuan faktor pemakaian alat plambing. Nilai jumlah alat plambing yang tidak tertera pada tabel, perlu adanya perhitungan interpolasi sehingga nilai faktor pemakaian dapat ditentukan secara akurat. Dari nilai tersebut, kemudian dijadikan salah satu parameter, selain penggunaan air untuk satu kali pemakaian dan penggunaan alat plambing tertentu dalam satu jam yang diambil dari Tabel 2.

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

	Nama alat plambing	Pemakaian air untuk penggunaan satu kali (liter)	Penggunaan per jam	Laju aliran (liter/min)	Waktu untuk pengisian (detik)	Pipa sambungan alat plambing (mm)	Pipa cabang air bersih ke alat plambing (mm)	
							Pipa baja	Tembaga ^a
1	Kloset (dengan katup gelontor)	13,5-16,5 ^b	6-12	110-180	8,2-10	24	32 ^a	25
2	Kloset (dengan tangki gelontor)	13-15	6-12	15	60	13	20	13
3	Peturasan (dengan katup gelontor)	5	12-20	30	10	13	20 ^b	13
4	Peturasan, 2-4 orang (dengan tangki gelontor)	9-18 (8-4,5)	12	1,8-3,6	300	13	20	13
5	Peturasan, 5-7 orang (dengan tangki gelontor)	22,5-31,5 (8-4,5)	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 (lavatory)	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 20 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 (shower)	24-60	3	12	120-300	13-20	20	13-20
12	Bak mandi gaya Jepang	Tergantung ukurannya		30		20	20	20

(Noerbambang dan Morimura,2005)

Tabel 3. Hasil Perhitungan Metode Jenis dan Jumlah Plambing

JENIS ALAT PLAMBING	JUMLAH ALAT PLAMBING	PEMAKAIAN AIR RATA-RATA SEHARI	PENGUNAAN PER JAM	Q TOTAL (LITER/JAM)	FAKTOR PEMAKAIAN (%)	Q EFEKTIF (L/JAM)
Kloset	71	15	6	6390	34.93333333	2232.24
Shower	60	40	12	28800	36.5	10512
Urinoir	7	5	20	700	76.5	535.5
Wastafel	52	10	6	3120	37.7	1176.24
Bak cuci piring	4	25	6	600	75	450
Bak cuci pakaian	10	3	6	180	56.5	101.7
TOTAL Qh						15007.68 liter/jam
						15.00768 m3/jam
						0.250128 m3/menit

Pada Tabel 3, nilai jumlah alat plambing didapatkan dari gambar denah arsitektur. Nilai kolom pemakaian air rata-rata dan penggunaan per jam diambil dari Tabel 2 sesuai dengan jenis alat plambing. Setelah mendapatkan nilai diatas, debit aliran dapat ditentukan dengan rumus :

$$Q_{total} = \Sigma \text{alat plambing} \times \text{pemakaian air rata-rata/hari} \times \text{penggunaan/jam} \quad (1)$$

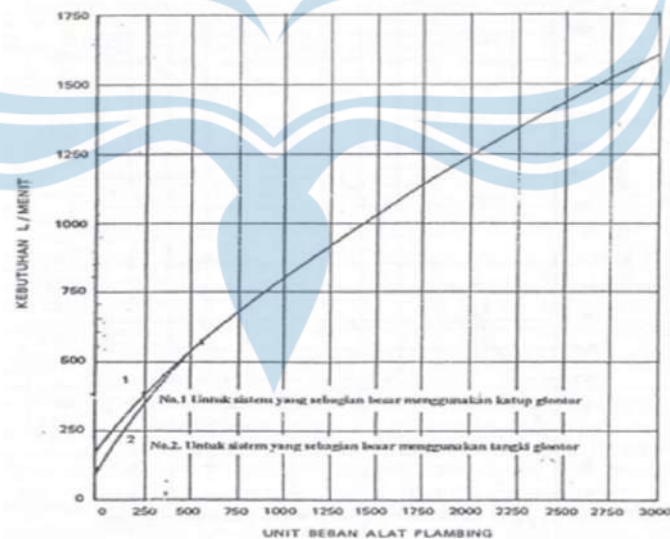
Untuk mendapatkan Q efektif perlu mempertimbangkan faktor pemakaian (%) dengan Tabel 1 sesuai jumlah dan jenis alat plambing. Apabila jumlah alat plambing tidak tersedia pada kelipatannya, maka perlu dilakukan interpolasi. Dengan Q efektif tersebut nantinya dijumlahkan dan dijadikan sebagai nilai kebutuhan air bersih sebesar 15,0077 m³/jam.

2. Metode unit beban alat plambing

Pada metode ini setiap alat plambing dijadikan sebagai unit beban yang besarnya dapat dilihat pada Tabel 4. Untuk setiap bagian alat plambing dijumlah berdasarkan unit beban dari semua alat plambing yang dilayaninya, dan kemudian dicari besarnya kebutuhan air bersih (laju aliran air) dengan kurva pada Gambar 2.

Tabel 4. Unit Alat Plambing

No	Jenis alat plambing	UABP pribadi	UABP umum
1	Bak Mandi	2	4
2	Bedpan Washer	-	10
3	Bidet	2	4
4	Gabungan bak cuci dan dulang cuci pakaian	3	-
5	Unit Dental atau peludahan	-	1
6	Bak cuci tangan untuk dokter gigi	1	1
7	Pancaran air minum	1	2
8	Bak cuci tangan	1	2
9	Bak cuci dapur	2	2
10	Bak cuci pakaian (1 atau 2 kompartemen)	2	4
11	Dus, setiap kepala	2	4
12	Service sink	2	4
13	Peturasan pedestal berkaki	-	10
14	Peturasan, wall lip	-	5
15	Peturasan, Palung	-	5
16	Peturasan dengan tangki penggelontor	-	3
17	Bak cuci, bulat atau jamak (setiap kran)	-	2
18	Kloset dengan katup penggelontor	6	10
19	Kloset dengan tangki penggelontor	3	5



(Noerbambang dan Morimura,2005)

Gambar 2. Kurva Hubungan Antara Unit Alat Beban Alat Plambing dengan Laju Aliran Untuk Sistem yang Sebagian Besar dengan Katup Gelontor

Tabel 5. Hasil Perhitungan Metode Unit Alat Plambing

JENIS ALAT PLAMBING	JUMLAH ALAT PLAMBING	UNIT BEBAN ALAT PLAMBING	JUMLAH UNIT BEBAN ALAT PLAMBING
Kloset	71	5	355
Shower	60	1	60
Urinoir	7	3	21
Wastafel	52	2	104
Bak cuci piring	4	4	16
Bak cuci pakaian	10	4	40
JUMLAH			596

Pada hasil perhitungan Tabel 5, unit beban alat plambing didapatkan dari Tabel 4 pada kolom UBAP umum, yang sesuai dengan fungsi dari gedung yaitu hotel sebagai tempat umum. Langkah selanjutnya adalah dengan menjumlah hasil perkalian jumlah alat plambing dengan unit beban alat plambing, yang nantinya digunakan pada pembacaan kurva pada Gambar 2. Dengan jumlah unit beban alat plambing sebesar 596 didapatkan kebutuhan air bersih (laju aliran) adalah 650 liter/menit atau 39 m³/jam.

3. Metode berdasarkan jumlah penghuni

Metode berdasarkan jumlah penghuni merupakan cara yang paling mudah dalam menentukan kebutuhan air, dengan mengalikan asumsi pemakaian air per orang pada sebuah penggunaan jenis infrastruktur tertentu.

Tabel 6. Pemakaian Air Dingin Minimum Sesuai Penggunaan Gedung

No.	Penggunaan gedung	Pemakaian air	Satuan
1	Rumah tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah susun	100 ¹⁾	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Rumah Sakit	500 ²⁾	Liter/tempat tidur pasien /hari
5	Sekolah Dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	Liter/penghuni dan pegawai/hari
9	Kantor / Pabrik	50	Liter/pegawai/hari
10	Toserba, toko pengecer	5	Liter/m ²
11	Restoran	15	Liter/kursi
12	Hotel berbintang	250	Liter/tempat tidur /hari
13	Hotel Melati/ Penginapan	150	Liter/tempat tidur /hari
14	Gd. pertunjukan, Bioskop	10	Liter/kursi
15	Gd. Serba Guna	25	Liter/kursi
16	Stasiun, terminal	3	Liter/penumpang tiba dan pergi
17	Peribadatan	5	Liter/orang, (belum dengan air wudhu)

Sumber : ¹⁾ hasil pengkajian Puslitbang Permkimian Dep. Kimpraswil tahun 2000

²⁾ Permen Kesehatan RI No : 986/Menkes/Per/XI/1992

Tabel 7. Pemakaian Air Rata-rata Per Orang Setiap Hari

	Jenis gedung	Pemakaian air rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas efektif/total (%)	Keterangan
1	Perumahan mewah	250	8-10	42-45	Setiap penghuni
2	Rumahnya Mene	100-250	8-10	50-53	Setiap penghuni
3	Apartment	200-250	8-10	45-50	Mewah 250 liter Menengah 180 liter Bujangan 120 liter
4	Asrama	120	8		Bujangan
5	Rumahnya sakit	Mewah > 1000 Menengah 500-1000 Umum 350-500	8-10	45-48	(setiap tempat tidur pasien) Pasien luar: 8 liter Staf/pegawai: 120 liter Keluarga pasien: 160 liter Guru: 100 liter Guru: 100 liter Guru/dosen: 100 liter Penghuni: 160 liter
6	Sekolah dasar	40	5	58-60	Setiap pegawai
7	SLTP	50	6	58-60	Pemakaian air hanya untuk kakus, belum termasuk untuk badan restorasi
8	SLTA dan lebih tinggi	80	6		Per orang, setiap giliran (khusus kerja lebih dari 8 jam sehari)
9	Rumah-toko	100-200	8		Setiap penghuni (yang tiba malam berangkat)
10	Gedung kantor	100	8	60-70	Untuk penghuni 150 liter
11	Torok (toko serba ada, department store)	3	7	55-60	Untuk penghuni: 160 liter; pelayan: 100 liter; 7% dari jumlah tamu pada 15 liter/orang untuk kakus, cuci tangan, dsb.
12	Pabrik/industri	Baru pria: 60 wanita: 100	8		Kalau digunakan siang dan malam, pemakaian air dihitung per pencahayaan
13	Stasiun/terminal	3	15		Jam pemakaian air dalam tabel adalah untuk satu kali pertunjukan
14	Restoran	30	5		—liter— Pedagang besar: 30 liter/tamuk, 150 liter/Staf atau 5 liter per hari setiap m ² luas lantai
15	Restoran umum	15	7		Untuk setiap tamu, untuk Staf: 120-150 liter; pertunjukan: 200 liter.
16	Gedung pertunjukan	30	5	53-55	Dibedakan jumlah jumlah per hari
17	Gedung bioskop	10	3		Untuk setiap pembuat yang tinggal
18	Toko pengecer	40	5		Setiap tamu
19	Hotel/penginapan	250-300	10		Setiap tamu
20	Gedung peribadatan	10	2		Setiap tempat duduk
21	Perpustakaan	25	6		Setiap tamu
22	Bar	30	6		Setiap Staf
23	Perkumpulan sosial	30	6		
24	Kelab malam	120-350			
25	Gedung perkumpulan	150-200			
26	Laboratorium	100-200	8		

(Noerbambang dan Morimura, 2005)

Pada Tabel 6 disimpulkan bahwa Hotel Kapsul termasuk pada kategori penginapan dengan besaran pemakaian air 150 liter/tempat tidur/hari dengan jangka waktu selama 10 jam.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air} &= 435 \text{ orang} \times 150 \text{ liter/tempat tidur/hari} = 65250 \text{ liter/hari} \\ &= 6,525 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

4. Metode berdasarkan luas efektif

Dengan tidak diketahuinya jumlah penghuni, maka diperlukan perhitungan kepadatan penghuni dengan rumus:

$$\text{Kepadatan penghuni} = \frac{\text{Luas gedung efektif (Tabel 7)}}{(5 - 10 \text{ m}^2)/\text{orang}} \quad (2)$$

$$\begin{aligned}\text{Kepadatan penghuni} &= \text{Luas gedung efektif} / \text{kepadatan hunian } ((5-10 \text{ m}^2)/\text{orang}) \\ &= (55\% \times 3500 \text{ m}^2) / 5 \text{ m}^2 = 385 \text{ orang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air} &= 150 \text{ liter/tempat tidur} \times 385 \text{ orang} = 57750 \text{ liter/hari} \\ &= 5,775 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Dari ketiga metode diatas didapatkan, kebutuhan air bersih sebagai berikut.

Tabel 8. Kebutuhan Air Bersih Hotel Kapsul

Nilai	Jumlah penghuni	Luas efektif	Jenis dan jumlah alat plambing	Unit beban alat plambing
Qh (m³/jam)	6.525	5.775	15.01	39

Kebutuhan air diatas merupakan kebutuhan yang belum memperhitungkan aktivitas lainnya, seperti resikulasi kolam renang, ruang bilas, dan kebutuhan air dapur. Berikut perhitungan kebutuhan air tambahan akibat tambahan aktivitas tambahan.

1. Kebutuhan air resirkulasi kolam renang

$$\begin{aligned}\text{Volume air kolam renang} &= 180 \text{ m}^3 \\ \text{Asumsi kehilangan air akibat penguapan 1\%} &= 1,8 \text{ m}^3 \\ \text{Total kebutuhan air} &= 180 + 1.8 \text{ m}^3 = 181,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Pengurusan kolam renang dilakukan 1 kali dalam 3 hari, maka dari itu kebutuhan air harian adalah $60,6 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $2,525 \text{ m}^3/\text{jam}$.

2. Kebutuhan air ruang bilas

$$\begin{aligned}\text{Luas kolam renang} &= 180 \text{ m}^2 \\ \text{Diketahui luasan terpakai :} \\ \text{Dewasa} &= 7.62 \text{ m}^2/\text{orang} \\ \text{Anak-anak} &= 1 \text{ m}^2/\text{orang} \\ \text{Luasan kolam dewasa} &= 144 \text{ m}^2 \\ \text{Luasan kolam anak-anak} &= 36 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Kapasitas kolam renang :

$$\begin{aligned}\text{Dewasa} &= 144 / 7.62 = 19 \text{ orang} \\ \text{Anak-anak} &= 36 / 1 = 36 \text{ orang}\end{aligned}$$

Diasumsikan waktu kolam renang digunakan adalah 6 jam, dengan pergantian pengunjung setiap 2 jam atau 3 kali pergantian pengunjung selama sehari.

$$\begin{aligned}\text{Total pengunjung} &= (19+36) \times 3 = 165 \text{ orang} \\ \text{Kebutuhan air bilas} &= 30 \text{ liter/orang/hari}\end{aligned}$$

Maka, total kebutuhan air bilas adalah 4941 liter/hari atau 0,21 m³/jam

3. Kebutuhan air dapur

Diketahui jumlah pengunjung yang perlu dilayani adalah 260 orang, dengan asumsi kebutuhan air dapur adalah 3 liter/orang/hari, maka dalam sehari dapur membutuhkan 780 liter/hari atau 0,0325 m³/jam.

2.2 Total Kebutuhan Air

Kebutuhan air didasari luasan efektif, diasumsikan jika terjadi kebocoran atau dilakukan perawatan pada pipa, tambahan pemakaian air adalah 20% dari jumlah kebutuhan air bersih. Maka, total kebutuhan air menjadi sebesar,

$$Q_h \text{ total} = 20\% \times Q_h = 20\% \times (5,775 + 2,525 + 0,21 + 0,0325) \text{ m}^3/\text{jam} = 10,25 \text{ m}^3/\text{jam}$$

2.3 Pemakaian Air Pada Jam dan Menit Puncak

Setelah menentukan total kebutuhan air, diperlukan jumlah pemakaian air pada jam dan menit puncak yang dipengaruhi oleh koefisien sebagai pengali.

1. Pemakaian air pada jam puncak dinyatakan dengan rumus :

$$\begin{aligned} Q_{h-maks} &= (C_1) \times (Q_h) \\ &= 2 \times 10,25 \text{ m}^3/\text{jam} = 20,49 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned} \quad (3)$$

Dengan, C_1 berkisar 1,5 – 2 (Noerbambang dan Morimura, 2005)

2. Pemakaian air pada menit puncak dinyatakan dengan rumus :

$$\begin{aligned} Q_{m-maks} &= (C_2) \times (Q_h) \\ &= 4 \times (20,49/60) \text{ m}^3/\text{menit} = 0,68 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned} \quad (4)$$

Dengan, C_2 berkisar 3 – 4 (Noerbambang dan Morimura, 2005)

2.4 Perhitungan Dimensi Tangki Air

2.4.1 Tangki Bawah (Ground Tank Water)

Tangki bawah merupakan tempat pertama air masuk kedalam gedung untuk memastikan persediaan air dapat terpenuhi selama waktu pemakaian dalam sehari. Untuk mengetahui besaran tangki digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Volume tangki} = Q_d - (Q_s \times T) \quad (5)$$

keterangan :

Q_d = kebutuhan air selama sehari ($m^3/hari$)

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

T = waktu pemakaian air per hari (jam)

$$\begin{aligned} Q_s &= 2/3 Q_h \\ &= 2/3 \times 10,25 \text{ m}^3/\text{jam} = 6,83 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned} \quad (6)$$

Maka, volume tangki = $102,50 - (6,83 \times 10) = 34,15 \text{ m}^3$

Direncanakan dimensi tangki adalah $4,15 \times 4,15 \times 2$ meter, dengan volume efektif adalah $34,445 \text{ m}^3$.

2.4.2 Tangki Atas (*Upper Tank*)

Berbeda dengan tangki bawah, tangki atas berfungsi sebagai tempat transit kebutuhan air, agar dapat didistribusikan dengan memanfaatkan gaya gravitasi.

$$\text{Volume tangki} = (Q_p - Q_{h-\text{maks}})T_p - (Q_{pu} \times T_{pu}) \quad (7)$$

keterangan :

Q_p = kebutuhan puncak ($m^3/menit$)

$Q_{h-\text{maks}}$ = kebutuhan jam puncak ($m^3/menit$)

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

T_p = jangka waktu kebutuhan (menit)

T_{pu} = jangka waktu pengisian (menit)

Maka, volume tangki adalah

$$\text{Volume tangki} = (0,68 - 0,34)60 - (0,34 \times 30) = 10,25 \text{ m}^3$$

Direncanakan dimensi tangki adalah $2,5 \times 2,5 \times 1,65$ meter, dengan volume efektif adalah $10,3125 \text{ m}^3$.

2.5 Perencanaan dan Perhitungan Diameter Pipa Air GWT-UWT

Untuk merencanakan diameter pipa, kecepatan aliran (V), diasumsikan sebesar $1,0 \text{ m/s}$ sehingga didapat diameter pipa dengan rumus (Ubaedilah, 2017):

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (8)$$

Sehingga :

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.011384488}{\pi \cdot 1}} = 0,0852 \text{ m} = 3,35 \text{ inch}$$

Dengan menyesuaikan pipa yang ada dipasaran, maka diameter nominal (DN) pipa yang digunakan = 4 inch dan ukuran nominal (NPS) = 101,6 mm = 0,1016 m. Maka kecepatan aliran dalam pipa sebenarnya adalah :

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (9)$$

$$V = \frac{4 \cdot 0,011384488}{\pi \cdot 0,1016^2} = 1,4049 \text{ m/s}$$

2.6 Perhitungan dan Pemilihan Pompa GWT-UWT

Dalam memilih pompa terlebih dahulu mengetahui besaran energi yang hilang. Berikut perhitungan *headloss* pada pipa hisap dan buang pompa GWT-UWT yang diuraikan pada Tabel 9 dan 10.

Tabel 9. Perhitungan *Headloss* Pipa Hisap Pompa Utama

NO	HEAD LOSS	PANJANG (m)/ JUMLAH (pcs)	Rumus	f (koef.gesek)	Hf (m)	Hf Total (m)
1	Gesekan pada pipa (D 4 inch)	0.5	$H_i = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$	0.0249	0.0247	0.0123
2	Gate Valve	1	$H_f = f \cdot \frac{V^2}{2g}$	0.1900	0.0191	0.0191
3	Katup hisap dengan saringan	1	$H_f = f \cdot \frac{(V1)^2}{2 \cdot g}$	1.9700	0.1982	0.1982
TOTAL						0.2296

Tabel 10. Perhitungan *Headloss* Pipa Buang Pompa Utama

NO	HEAD LOSS	PANJANG (m)/ JUMLAH (pcs)	Rumus	f (koef.gesek)	Hf (m)	Hf Total (m)
1	Gate Valve	1	$H_f = f \cdot \frac{V^2}{2g}$	0.190	0.0191	0.0191
2	Gesekan pada pipa (D 4 inch)	26	$H_i = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$	0.025	0.0247	0.6416
3	Belokan pipa (elbow 90°)	2	$H_f = f \cdot \frac{V^2}{2g}$	1.758	0.1769	0.3537
TOTAL						1.0144
TOTAL HEAD LOSS (HL)						1.2441

2.6.1 Head Statis Total (*Suction Head*)

Instalasi pipa dimana permukaan air terletak diatas sumbu pompa. Besarnya *elevation head* adalah (Ubaedilah, 2017):

$$H_a = H_d - H_s \quad (10)$$

keterangan :

H_d = *Head discharge*

H_s = *Head suction*

$$H_a = H_d - H_s = 25 - 2 = 23 \text{ m}$$

Diasumsikan $\Delta h_p = 0$, dengan anggapan tekanan *Ground Water Tank* dan *Roof Tank* adalah sama. Setelah diperhitungkan seluruh jenis *head* yang ada pada sebuah sistem plambing, selanjutnya dilakukan penjumlahan dari *head* statis dan dinamis, dengan persamaan (Ubaedilah, 2017) :

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} \quad (11)$$

keterangan :

H_{tot} = *head total* pompa (m)

H_a = *head statis* total (m)

ΔH_p = perbedaan tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

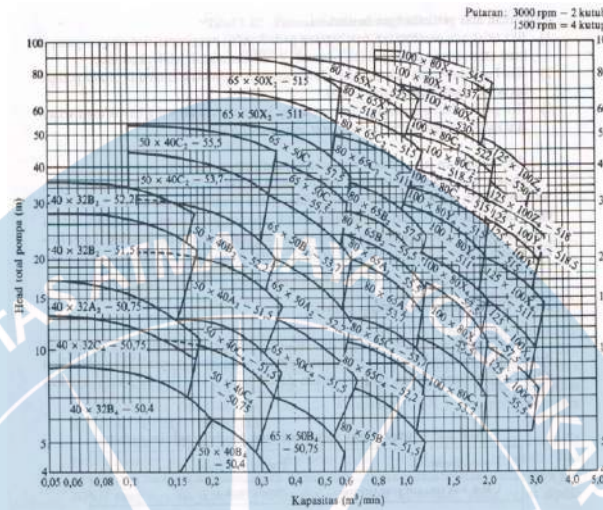
h_l = berbagai kerugian *head* pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m)

v^2 = *head* kecepatan keluar (m)

$$H_{tot} = 23 + 0 + 1,2441 + \frac{1,404935668^2}{2 \cdot 9,82} = 24,3447 \text{ m}$$

2.6.2 Pemilihan Pompa

Setelah didapatkan jumlah *head total*, kemudian ditentukan jenis pompa berdasarkan grafik sebagai berikut.



(Sularso dan Tahara, 2000)

Gambar 3. Grafik Penentuan Spesifikasi Pompa

$$Q = 0,0114 \text{ m}^3/\text{s} = 0,6831 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$H_{\text{tot}} = 24,3447 \text{ m}$$

Berdasarkan Gambar 3. Didapatkan spesifikasi pompa adalah : 80 X 65B₂ - 55,5

keterangan :

80 = diameter hisap (mm)

65 = diameter buang (mm)

B = jenis rumah

Jumlah kutub = 2, 3000 rpm

5 = frekuensi (50Hz)

5,5 = daya motor (Kw)

Sesuai dengan katalog pompa merk EBARA, pompa yang terpasang pada sistem pemipaan gedung tersebut adalah pompa sentrifugal EBARA MD 32 -250/5.5.

2.6.3 Perhitungan NPSH Pompa Utama GWT-UWT

Net Positive Suction Head (NPSH) dihitung untuk mengetahui kinerja pompa dalam menghadapi kavitasi. Syarat pompa tidak mengalami kavitasi adalah NPSH yang tersedia harus lebih besar dari pada NPSH yang diperlukan (Ubaedilah, 2017).

1. NPSH yang tersedia (Hsv)

$$H_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{ls} \quad (12)$$

keterangan :

Hsv : NPSH yang tersedia (m)

Pa : Tekanan pada permukaan cairan (1 atm = 10332,274 kgf/m²)

Pv : Tekanan uap jenuh (322,85 kgf/m³)

γ : Berat jenis air (1000 kgf/m³)

hs : Head hisap statis

hls : Kerugian head dalam pipa hisap

$$H_{sv} = \frac{10332,274}{1000} + \frac{322,85}{1000} - (-2) - 0,2296 = 12,4255 \text{ m}$$

2. NPSH yang diperlukan

$$H_{svn} = \sigma \times H_n \quad (13)$$

keterangan :

σ : Koefisien kavitasi

Hn : Head total

$$Q = 0,0114 \text{ m}^3/\text{s} = 0,6831 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$n_s = n \times \frac{Q^{0,5}}{H_n^{0,5}} = 2870 \times \frac{0,6831^{0,5}}{24,3447^{0,5}} = 480,7421$$

Karena ns = 480,7421, maka σ = 0,3

$$H_{svn} = 0,3 \times 24,3447 \text{ m} = 7,3034 \text{ m}$$

Hsv (12,4255 m) > Hsvn (7,3034 m), sehingga pompa tersebut dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi.

2.7 Perhitungan Pompa Sumur Bor

Penentuan jenis pompa ditentukan oleh perhitungan yang serupa dengan pompa yang mengalirkan air menuju *roof tank*, yang membedakan adalah total *headloss* yang dihasilkan. Berikut hasil perhitungan headloss untuk penentuan pompa sumur bor menuju *ground water tank*.

Tabel 11. Perhitungan *Headloss* Pipa Hisap Pompa Sumur

NO	HEAD LOSS	PANJANG (m)/	Rumus	f (koef.gesek)	Hf	Hf Total
		JUMLAH (pcs)			(m)	(m)
1	Gesekan pada pipa (D 4 inch)	50.9	$H_l = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$	0.0249	0.0247	1.2561
2	Gate Valve	1	$H_f = f \frac{V^2}{2g}$	0.1900	0.0191	0.0191
3	Katup hisap dengan saringan	1	$H_f = f \frac{(V_1)^2}{2 \cdot g}$	1.9700	0.1982	0.1982
4	Belokan pipa (elbow 90)	1	$H_f = f \frac{V^2}{2g}$	1.7580	0.1769	0.1769
TOTAL						1.6502

Tabel 12. Perhitungan *Headloss* Pipa Buang Pompa Sumur

NO	HEAD LOSS	PANJANG (m)/ JUMLAH (pcs)	Rumus	f (koef.gesek)	Hf (m)	Hf Total (m)
1	Gate Valve	1	$H_f = f \frac{V^2}{2g}$	0.1900	0.0191	0.0191
2	Gesekan pada pipa (D 4 inch)	5.2	$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$	0.0249	0.0247	0.1283
3	Belokan pipa (elbow 90)	3	$H_f = f \frac{V^2}{2g}$	1.7580	0.1769	0.5306
4	filter air					13.0000
TOTAL						13.6780
TOTAL HEAD LOSS (HL)						15.3283

Besaran *head loss* ditambah 13 m, dengan asumsi adanya filter air sebelum air masuk kedalam *ground water tank*..

2.7.1 Head Statis Total (*Suction Lift*)

Suatu sistem pipa suction dimana permukaan air berada dibawah sumbu pompa. Besarnya *elevation head* adalah:

$$H_a = H_d + H_s \quad (14)$$

$$H_a = H_d + H_s = 1,85 + (50,4) = 52,25 \text{ m}$$

Diasumsikan $\Delta h_p = 0$, dengan anggapan tekanan *Ground Water Tank* dan *Roof Tank* adalah sama. Berdasarkan persamaan (3) hasil perhitungan yang dilakukan maka *Head total* yang terjadi :

$$H_{tot} = 52,25 + 0 + 15,3283 + \frac{1,404935668^2}{2 \cdot 9,82} = 67,6788 \text{ m}$$

Berdasarkan Gambar 3, didapatkan spesifikasi pompa adalah: 80 X 65C₂ - 51,5

keterangan :

80 = diameter hisap (mm)

65 = diameter buang (mm)

C = jenis rumah

Jumlah kutub = 2, 3000 rpm

5 = frekuensi (50Hz)

5,1 = daya motor (Kw)

Sesuai dengan katalog pompa merk EBARA, pompa yang terpasang pada sistem pemipaan gedung tersebut adalah pompa sentrifugal EBARA MD 32 -250/7,5.

2.7.2 Perhitungan NPSH Pompa Sumur

Net Positive Suction Head (NPSH) dihitung untuk mengetahui kinerja pompa dalam menghadapi kavitas. Syarat pompa tidak mengalami kavitasi adalah NPSH yang tersedia harus lebih besar dari pada NPSH yang diperlukan.

1. NPSH yang tersedia (H_{sv})

$$H_{sv} = \frac{10332,274}{1000} + \frac{322,85}{1000} - (-50,4) - 1,6502 = 59,4049 \text{ m}$$

2. NPSH yang diperlukan

$$Q = 0.011384488 \text{ m}^3/\text{s} = 0.683069291 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$n_s = n \times \frac{Q^{0,5}}{H n^{0,5}} = 2870 \times \frac{0,6831^{0,5}}{67,6788^{0,5}} = 288,3286$$

Karena $n_s = 288,3286$, maka $\sigma = 0,14$

$$H_{svn} = 0,3 \times 67,6788 \text{ m} = 9,4750 \text{ m}$$

$H_{sv} (59,4049 \text{ m}) > H_{svn} (9,4750 \text{ m})$, sehingga pompa tersebut dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi.

2.8 Perhitungan dan Penentuan Pompa *Booster*

Untuk memperoleh hitungan pompa *booster* diperlukan nilai tekanan air bersih di setiap lantai yang dapat dilihat pada Tabel 13, dimana rumus tekanan hidrostatik adalah (Suhardiyanto, 2016):

$$P = \rho \cdot g \cdot H \quad (15)$$

Tabel 13. Tekanan Pada Setiap Lantai

TABEL TEKANAN TIAP LANTAI	P (N/m ²)	ρ (kg/m ³)	g (m/s ²)	H (m)	P(kg/cm ²)
LT 6	25454,988	998	9,81	2,6	0,259640878
LT 5	60700,356	998	9,81	6,2	0,619143631
LT 4	95945,724	998	9,81	9,8	0,978646385
LT 3	150771,852	998	9,81	15,4	1,53787289
LT 2	186017,22	998	9,81	19	1,897375644
LT 1	221262,588	998	9,81	22,6	2,256878398

Setelah diperoleh tekanan air pada masing masing lantai, dilanjutkan ke rumus pompa dimana asumsi persyaratan tekanan minimal 0,7 kgf/cm². Apabila tekanan dibawah tekanan minimal maka, diperlukan pompa *booster* untuk mendorong tekanan karena tidak cukup apabila hanya mengandalkan gaya gravitasi pada lantai-lantai tertentu (Suhardiyanto, 2016).

Lantai-lantai yang perlu menggunakan bantuan pompa booster adalah lantai 6 dan lantai 5 dimana tekanannya < 0,7 (kgf/cm²).

Berikut rincian perhitungan pompa *booster* :

$$P_{bp} = (P_{re} + P_{min}) \times 1,5 \quad (16)$$

keterangan:

P_{bp} : tekanan yang dibutuhkan (kgf/cm²)

P_{re} : tekanan pada lantai ke-n (kgf/cm²)

P_{min} : tekanan minimal yang dipersyaratkan (kgf/cm²)

sehingga :

$$\text{Pbp lantai 6} = (0,2596 + 0,7) \times 1,5 = 1,43 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Pbp lantai 5} = (0,6191 + 0,7) \times 1,5 = 1,98 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

Jadi, dari kedua perhitungan tersebut pada sistem distribusi air bersih diperlukan pompa *booster* dengan tekanan sebesar 1,43 kgf/cm² pada lantai 6, dan 1,98 kgf/cm² pada lantai 5. Dengan mempertimbangkan *headloss* yang terjadi, maka *total head* sebesar 82,21 m.

2.9 Diameter Pipa Distribusi

Dalam perhitungan penentuan ukuran pipa digunakan metode ekivalensi tekanan pipa. Metode ini dasari oleh konsep sirkit tertutup pipa cabang yang bermula dari suatu pipa pengumpul (*header*) dan kembali lagi, yang berarti kerugian gesek dalam masing-masing pipa cabang tersebut sama (Noerbambang dan Morimura, 2005).

Tabel 14. Ukuran Pipa Distribusi Pada Isometri Detail 1 dan 6

No	Alat Plumbing	Diameter pipa masuk alat plumbing	daerah	nilai ekivalen pipa 15 mm	jumlah nilai ekivalen	faktor pemakaian (%)	1*6	diameter pipa (mm)	laju aliran tiap alat plumbing (l/mnt)	jumlah laju aliran (l/mnt)	debit (m3/dtk)	kecepatan (m/dtk)	diameter pipa dipakai (mm)	cek v (m/dtk)
1	2	3	4	5	6	7	8	4	5	6	5	9	10	11
SISTEM 1														
1	WASTAFEL	20	1-2	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	2-3	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
3	WASTAFEL	20	3-4	2.2	6.6	100	6.6	32	15	45	0.00075	0.933021497	25	1.528662
1	WASTAFEL	20	5-4	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
	PIPA		4-9		8.8	100	8.8	32		60	0.001	1.244028662	32	1.244029
SISTEM 2														
1	KLOSET	32	6-7	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	7-8	8.1	16.2	100	16.2	40	110	220	0.003667	2.919320594	50	1.868365
3	KLOSET	32	8-9	8.1	24.3	100	24.3	50	110	330	0.0055	2.802547771	65	1.658312
1	KLOSET	32	12-11	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	11-10	8.1	16.2	100	16.2	40	110	220	0.003667	2.919320594	50	1.868365
3	KLOSET	32	10-9	8.1	24.3	100	24.3	50	110	330	0.0055	2.802547771	65	1.658312
	PIPA		9-17		48.6	100	48.6	65		720	0.012	3.618135906	100	1.528662
SISTEM 3														
1	KLOSET	32	13-14	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	14-15	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
3	KLOSET	32	15-16	8.1	24.3	100	24.3	40	110	330	0.0055	4.378980892	80	1.094745
4	KLOSET	32	16-17	8.1	32.4	100	32.4	40	110	440	0.007333	5.838641189	80	1.45966
1	KLOSET	32	19-18	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	18-17	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
	PIPA		17-21		97.2	100	97.2	65		1380	0.023	6.934760487	150	1.302194
SISTEM 4														
1	WASTAFEL	20	1-2	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	2-3	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
3	WASTAFEL	20	3-4	2.2	6.6	100	6.6	32	15	45	0.00075	0.933021497	25	1.528662
1	WASTAFEL	20	3-4	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
	PIPA		21-A		106	100	106	100		1440	0.024	3.057324841	150	1.358811
SISTEM 5														
1	SHOWER	20	54-55	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	56-55	2.2	2.2	100	2.2	25	12	12	0.0002	0.407643312	20	0.636943
1	SHOWER	20	54-55	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	56-55	2.2	2.2	100	2.2	25	12	12	0.0002	0.407643312	20	0.636943
	PIPA		51-55		4.4	100	4.4	25		12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
	PIPA		53-58		4.4	100	4.4	25		12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
	PIPA		52-51		4.4	100	4.4	25		24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
	PIPA		53-52		4.4	100	4.4	25		24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
	PIPA		49-52		8.8	100	8.8	32		48	0.0008	0.99522293	32	0.995223
SISTEM 6														
1	SHOWER	20	42-43	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	44-43	2.2	2.2	100	2.2	25	12	12	0.0002	0.407643312	20	0.636943
1	SHOWER	20	45-46	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	47-46	2.2	2.2	100	2.2	25	12	12	0.0002	0.407643312	20	0.636943
	PIPA		43-48		4.4	100	4.4	25		12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
	PIPA		48-49		4.4	100	4.4	25		12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
	PIPA		46-50		4.4	100	4.4	25		24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
	PIPA		50-49		4.4	100	4.4	25		24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
	PIPA		49-35		17.6	100	17.6	40		96	0.0016	1.27388535	40	1.273885
SISTEM 7														
1	SHOWER	20	36-37	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	38-37	2.2	2.2	100	2.2	25	12	12	0.0002	0.407643312	20	0.636943
1	SHOWER	20	39-40	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	41-40	2.2	2.2	100	2.2	25	12	12	0.0002	0.407643312	20	0.636943
	PIPA		37-37		4.4	100	4.4	25		12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
	PIPA		40-40		4.4	100	4.4	25		12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
	PIPA		37-35		4.4	100	4.4	25		24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
	PIPA		40-35		4.4	100	4.4	25		24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
	PIPA		35-33		26.4	100	26.4	50		144	0.0024	1.222929936	40	1.910828
SISTEM 8														
1	SHOWER	20	26-27	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	28-27	2.2	2.2	100	2.2	25	12	12	0.0002	0.407643312	20	0.636943
1	SHOWER	20	29-30	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	31-30	2.2	2.2	100	2.2	25	12	12	0.0002	0.407643312	20	0.636943
	PIPA		27-32		4.4	100	4.4	25		12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
	PIPA		30-34		4.4	100	4.4	25		12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
	PIPA		32-33		4.4	100	4.4	25		24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
	PIPA		34-33		4.4	100	4.4	25		24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
	PIPA		33-25		35.2	100	35.2	50		192	0.0032	1.630573248	50	1.630573
	PIPA		25-A		35.2	100	35.2	65		192	0.0032	0.964836242	65	0.964836

Tabel 15. Ukuran Pipa Distribusi Pada Isometri Detail 2 dan 7

No	Alat Plambing	Diameter pipa masuk alat plambing	daerah	nilai ekivalen pipa 15 mm	jumlah nilai ekivalen	faktor pemakaian (%)	1*6	diameter pipa (mm)	laju aliran tiap alat plambing (l/mnt)	jumlah laju aliran (l/mnt)	debit (m3/dtk)	kecepatan (m/dtk)	diameter pipa dipakai (mm)	cek v (m/dtk)
1	2	3	4	5	6	7	8	4	5	6	5	9	10	11
SISTEM 1														
1	WASTAFEL	20	1-2	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
1	URINOAR	20	2-3	2.2	2.2	100	2.2	20	30	30	0.0005	1.592356688	25	1.019108
2	URINOAR	20	3-4	2.2	4.4	100	4.4	25	30	60	0.001	2.038216561	25	2.038217
3	URINOAR	20	4-7	2.2	6.6	100	6.6	25	30	90	0.0015	3.057324841	32	1.866043
4	URINOAR	20	7-18	2.2	8.8	100	8.8	32	30	120	0.002	2.488057325	32	2.488057
1	KLOSET	32	7-6	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	6-5	8.1	16.2	100	16.2	40	110	220	0.003667	2.919320594	50	1.868365
	PIPA		7-18'		25	100	25	50		340	0.005667	2.887473461	65	1.708564
	PIPA		18-19		25	100	25	50		340	0.005667	2.887473461	65	1.708564
SISTEM 2														
1	WASTAFEL	20	8-9	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	9-10	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
3	WASTAFEL	20	10-11	2.2	6.6	100	6.6	32	15	45	0.00075	0.933021497	32	0.933021
1	WASTAFEL	20	11-12	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
	PIPA		11-19		8.8	100	8.8	32		60	0.001	1.244028662	32	1.244029
SISTEM 3														
1	KLOSET	32	13-14	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	14-15	8.1	16.2	100	16.2	40	110	220	0.003667	2.919320594	50	1.868365
1	KLOSET	32	17-16	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	16-15	8.1	16.2	100	16.2	40	110	220	0.003667	2.919320594	50	1.868365
	PIPA		15-20		32.4	100	32.4	65		440	0.007333	2.211083054	80	1.45966
	PIPA		20-19		32.4	100	32.4	65		440	0.007333	2.211083054	80	1.45966
	PIPA		19-24		66.2	100	66.2	80		840	0.014	2.786624204	100	1.783439
SISTEM 4														
1	KLOSET	32	21-22	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	22-23	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
3	KLOSET	32	23-24	8.1	24.3	100	24.3	40	110	330	0.0055	4.378980892	65	1.658312
1	KLOSET	32	27-26	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	26-25	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
3	KLOSET	32	25-24	8.1	24.3	100	24.3	40	110	330	0.0055	4.378980892	65	1.658312
	PIPA		24-32		114.8	100	114.8	100		1500	0.025	3.184713376	150	1.415428
SISTEM 5														
1	KLOSET	32	28-29	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	29-30	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
3	KLOSET	32	30-31	8.1	24.3	100	24.3	40	110	330	0.0055	4.378980892	80	1.094745
4	KLOSET	32	31-32	8.1	32.4	100	32.4	40	110	440	0.007333	5.838641189	80	1.45966
1	KLOSET	32	34-33	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	33-32	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
	PIPA		32-38		163.4	100	163.4	100		2160	0.036	4.585987261	150	2.038217
SISTEM 6														
1	WASTAFEL	20	35-36	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	36-37	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
3	WASTAFEL	20	37-38	2.2	6.6	100	6.6	32	15	45	0.00075	0.933021497	32	0.933021
1	WASTAFEL	20	39-38	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
	PIPA		38-B		170	100	170	100		2220	0.037	4.713375796	150	2.094834
SISTEM 7														
1	WASTAFEL	20	42-43	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	43-44	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
1	WASTAFEL	20	46-45	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	45-44	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
	PIPA		44-41		8.8	100	8.8	32		60	0.001	1.244028662	32	1.244029
	PIPA		41-40		8.8	100	8.8	32		60	0.001	1.244028662	32	1.244029
	PIPA		40-B		8.8	100	8.8	32		60	0.001	1.244028662	32	1.244029

Tabel 16. Ukuran Pipa Distribusi Pada Isometri Detail 3

No	Alat Plambing	Diameter pipa masuk alat plambing	daerah	nilai ekivalen pipa 15 mm	jumlah nilai ekivalen	faktor pemakaian (%)	1*6	diameter pipa (mm)	laju aliran tiap alat plambing (l/mnt)	jumlah laju aliran (l/mnt)	debit (m3/dtk)	kecepatan (m/dtk)	diameter pipa dipakai (mm)	cek v (m/dtk)
1	2	3	4	5	6	7	8	4	5	6	5	9	10	11
SISTEM 1														
1	WASTAFEL	20	1-2	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	2-3	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
3	WASTAFEL	20	3-4	2.2	6.6	100	6.6	32	15	45	0.00075	0.933021497	32	0.933021
1	WASTAFEL	20	5-4	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
	PIPA		4-9		8.8	100	8.8	32		60	0.001	1.244028662	32	1.244029
SISTEM 2														
1	KLOSET	32	6-7	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	7-8	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
3	KLOSET	32	8-9	8.1	24.3	100	24.3	40	110	330	0.0055	4.378980892	65	1.658312
1	KLOSET	32	12-11	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	11-10	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
3	KLOSET	32	10-9	8.1	24.3	100	24.3	40	110	330	0.0055	4.378980892	65	1.658312
	PIPA		9-17		57.4	100	57.4	80		720	0.012	2.388535032	100	1.528662
SISTEM 3														
1	KLOSET	32	13-14	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	14-15	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
3	KLOSET	32	15-16	8.1	24.3	100	24.3	40	110	330	0.0055	4.378980892	80	1.094745
4	KLOSET	32	16-17	8.1	32.4	100	32.4	40	110	440	0.007333	5.838641189	80	1.45966
1	KLOSET	32	19-18	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	18-17	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
	PIPA		17-23		106	100	106	80		1380	0.023	4.578025478	150	1.302194
SISTEM 4														
1	WASTAFEL	20	20-21	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	32	0.311007
2	WASTAFEL	20	21-22	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	32	0.622014
3	WASTAFEL	20	22-23	2.2	6.6	100	6.6	32	15	45	0.00075	0.933021497	32	0.933021
1	WASTAFEL	20	24-23	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
	PIPA		23-C		112.6	100	112.6	100		1440	0.024	3.057324841	150	1.358811

Tabel 17. Ukuran Pipa Distribusi Pada Isometri Detail 4

No	Alat Plambing	Diameter pipa masuk alat plambing	daerah	nilai ekivalen pipa 15 mm	jumlah nilai ekivalen	faktor pemakaian (%)	1*6	diameter pipa (mm)	laju aliran tiap alat plambing (l/mnt)	jumlah laju aliran (l/mnt)	debit (m3/dtk)	kecepatan (m/dtk)	diameter pipa dipakai (mm)	cek v (m/dtk)
1	2	3	4	5	6	7	8	4	5	6	5	9	10	11
SISTEM 1														
1	SHOWER	20	1-2	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	3-2	2.2	2.2	100	2.2	20	12	24	0.0004	1.27388535	20	1.273885
1	SHOWER	20	7-2	2.2	2.2	100	2.2	20	12	36	0.0006	1.910828025	20	1.910828
	PIPA		8-7		6.6	100	6.6	20		72	0.0012	3.821656051	32	1.492834
SISTEM 2														
1	SHOWER	20	4-5	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	5-6	2.2	2.2	100	2.2	20	12	24	0.0004	1.27388535	20	1.273885
1	SHOWER	20	9-5	2.2	2.2	100	2.2	20	12	36	0.0006	1.910828025	20	1.910828
	PIPA		8-9		6.6	100	6.6	20		72	0.0012	3.821656051	32	1.492834
	PIPA		8-12		13.2	100	13.2	40		144	0.0024	1.910828025	40	1.910828
SISTEM 3														
1	WASTAFEL	20	10-11	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	11-12	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
1	WASTAFEL	20	14-13	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	13-12	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
	PIPA		21-12		22	100	22	50		204	0.0034	1.732484076	50	1.732484
SISTEM 4														
1	KLOSET	32	15-16	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	16-17	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
3	KLOSET	32	17-18	8.1	24.3	100	24.3	40	110	330	0.0055	4.378980892	65	1.658312
1	KLOSET	32	20-19	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	19-18	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
	PIPA		18-21		40.5	100	40.5	65		550	0.009167	2.763853817	80	1.824575
	PIPA		21-22		62.5	100	62.5	80		754	0.012567	2.501326964	100	1.600849
SISTEM 5														
1	KLOSET	32	28-27	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	27-26	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
3	KLOSET	32	26-25	8.1	24.3	100	24.3	40	110	330	0.0055	4.378980892	65	1.658312
1	KLOSET	32	23-24	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	24-25	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
	PIPA		25-22		40.5	100	40.5	65		550	0.009167	2.763853817	80	1.824575
	PIPA		22-31		103	100	103	80		1304	0.021733	4.325902335	150	1.230479
SISTEM 6														
1	WASTAFEL	20	29-30	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	30-31	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
1	WASTAFEL	20	33-32	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	32-31	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
	PIPA		31-35		111.8	100	111.8	80		1364	0.022733	4.524946921	150	1.287096
SISTEM 7														
1	SHOWER	20	37-38	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	39-38	2.2	2.2	100	2.2	20	12	24	0.0004	1.27388535	20	1.273885
1	SHOWER	20	38-34	2.2	2.2	100	2.2	20	12	36	0.0006	1.910828025	20	1.910828
	PIPA		34-35		6.6	100	6.6	25		72	0.0012	2.445859873	32	1.492834
SISTEM 8														
1	SHOWER	20	40-41	2.2	2.2	100	2.2	20	12	12	0.0002	0.636942675	20	0.636943
1	SHOWER	20	41-42	2.2	2.2	100	2.2	20	12	24	0.0004	1.27388535	20	1.273885
1	SHOWER	20	36-41	2.2	2.2	100	2.2	20	12	36	0.0006	1.910828025	20	1.910828
	PIPA		36-35		6.6	100	6.6	25		72	0.0012	2.445859873	32	1.492834
	PIPA		35-D		13.2	100	13.2	40		1508	0.025133	20.01061571	150	1.422977

Tabel 18. Ukuran Pipa Distribusi Pada Isometri Detail 5

No	Alat Plambing	Diameter pipa masuk alat plambing	daerah	nilai ekivalen pipa 15 mm	jumlah nilai ekivalen	faktor pemakaian (%)	1*6	diameter pipa (mm)	laju aliran tiap alat plambing (l/mnt)	jumlah laju aliran (l/mnt)	debit (m3/dtk)	kecepatan (m/dtk)	diameter pipa dipakai (mm)	cek v (m/dtk)
1	2	3	4	5	6	7	8	4	5	6	5	9	10	11
SISTEM 1														
2	SHOWER	20	1-2	2.2	4.4	100	4.4	25	12	12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
2	SHOWER	20	3-2	2.2	4.4	100	4.4	25	12	12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
	PIPA		2-13		8.8	100	8.8	32		24	0.0004	0.497611465	25	0.815287
	PIPA		13-14		8.8	100	8.8	32		24	0.0004	0.497611465	25	0.815287
SISTEM 2														
1	SHOWER	20	10-11	2.2	2.2	100	2.2	25	12	12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
1	SHOWER	20	11-12	2.2	2.2	100	2.2	25	12	12	0.0002	0.407643312	25	0.407643
	PIPA		11-15		4.4	100	4.4	25		24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
	PIPA		15-14		4.4	100	4.4	25		24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
SISTEM 3														
1	WASTAFEL	20	4-5	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	5-6	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
1	WASTAFEL	20	8-7	2.2	2.2	100	2.2	20	15	15	0.00025	0.796178344	20	0.796178
2	WASTAFEL	20	7-6	2.2	4.4	100	4.4	25	15	30	0.0005	1.01910828	20	1.592357
	PIPA		9-14		8.8	100	8.8	32		60	0.001	1.244028662	32	1.244029
	PIPA		14-19		22	100	22	50		108	0.0018	0.917197452	32	2.239252
SISTEM 4														
2	SHOWER	20	16-17	2.2	4.4	100	4.4	25	12	24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
4	SHOWER	20	17-18	2.2	8.8	100	8.8	32	12	48	0.0008	0.99522293	25	1.630573
6	SHOWER	20	18-19	2.2	13.2	100	13.2	40	12	72	0.0012	0.955414013	32	1.492834
2	SHOWER	20	21-20	2.2	4.4	100	4.4	25	12	24	0.0004	0.815286624	25	0.815287
4	SHOWER	20	20-19	2.2	8.8	100	8.8	32	12	48	0.0008	0.99522293	25	1.630573
	PIPA		19-25		44	100	44	65		228	0.0038	1.145743037	32	4.727309
SISTEM 5														
1	KLOSET	32	29-28	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	28-27	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
3	KLOSET	32	27-26	8.1	24.3	100	24.3	40	110	330	0.0055	4.378980892	80	1.094745
4	KLOSET	32	26-25	8.1	32.4	100	32.4	40	110	440	0.007333	5.838641189	80	1.45966
1	KLOSET	32	22-23	8.1	8.1	100	8.1	32	110	110	0.001833	2.280719214	50	0.934183
2	KLOSET	32	23-24	8.1	16.2	100	16.2	32	110	220	0.003667	4.561438429	50	1.868365
3	KLOSET	32	24-25	8.1	24.3	100	24.3	40	110	330	0.0055	4.378980892	65	1.658312
	PIPA		25-E		84.5	100	84.5	80		888	0.0148	2.945859873	80	2.94586

Tabel 19. Ukuran Pipa Utama

No	Alat Plambing	Diameter pipa masuk alat plambing	daerah	nilai ekivalen pipa 15 mm	jumlah nilai ekivalen	faktor pemakaian (%)	1*6	diameter pipa (mm)	laju aliran tiap alat plambing (l/mnt)	jumlah laju aliran (l/mnt)	debit (m3/dtk)	kecepatan (m/dtk)	diameter pipa dipakai (mm)	cek v (m/dtk)
1	2	3	4	5	6	7	8	4	5	6	5	9	10	11
1	PIPA UTAMA		1-2		141.2	100	141.2	100		1632	0.0272	3.464968153	150	1.539986
2	PIPA UTAMA		2-3		291.4	100	291.4	100		3912	0.0652	8.305732484	200	2.076433
3	PIPA UTAMA		3-4		404	100	404	100		5352	0.0892	11.36305732	250	1.818089
4	PIPA UTAMA		4-5		417.2	100	417.2	100		6860	0.114333	14.56475584	250	2.330361
5	PIPA UTAMA		6-7		84.5	100	84.5	100		888	0.0148	1.885350318	100	1.88535
6	PIPA UTAMA		7-8		169	100	169	100		1776	0.0296	3.770700637	150	1.675867

Diameter pipa didapatkan pada hasil perhitungan di atas berdasarkan dengan ketersediaan ukuran pipa di pasaran. Untuk masing masing nilai pada kolom tabel tersebut dijelaskan sebagai berikut :

1. Kolom diameter pipa masuk alat plambing, didapatkan dari Tabel 3.13, halaman 49 pada buku *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*.
2. Kolom daerah adalah berisi notasi pada pipa yang merujuk lokasi pipa pada gambar isometri
3. Nilai ekivalensi didapatkan dari tabel 3.9 pada buku *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*, sesuai dengan ukuran pipa masuk alat plambing yang telah ditentukan
4. Jumlah nilai ekivalensi, merupakan hasil kali nilai ekivalensi dengan urutan letak alat plambing dari yang terdekat
5. Faktor pemakaian dianggap 100%
6. Pada kolom diameter pipa, ukuran diameter didasari oleh tabel 3.9, yang disesuaikan dengan nilai ekivalensi pipa 15 mm.
7. Laju aliran diambil dari tabel 3.13, halaman 49 pada buku *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*.
8. Jumlah laju aliran, didapatkan dari mengkumulatikan laju aliran dari alat plambing atau pipa tertentu.
9. Kolom debit pada dasarnya sama dengan laju aliran, hanya saja terdapat perbedaan satuan menjadi m³/detik
10. Kecepatan didapatkan dengan rumus :

$$v = \frac{Q}{A} \quad (17)$$

11. Kolom Cek V (kecepatan), berisi kecepatan yang sudah direvisi berdasarkan batas kecepatan aliran standard sebesar 0,3 – 0,6 m/detik, dengan batas maksimumnya berkisar antara 3,0 - 4,0 m/detik.

2.10 Sistem Pemadam Kebakaran

Sistem pemadam kebakaran merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam perencanaan dan pengadaan pembangunan gedung bertingkat, terlebih dalam kesempatan kali ini adalah perencanaan Hotel Kapsul dan disertai dengan *basement*. Sistem ini harus dipasang untuk memenuhi standar keselamatan penghuni. Pada Hotel

Kapsul ini juga akan dipasang instalasi pemadam kebakaran berupa *sprinkler* otomatis, *hydrant box*, *hydrant pillar*.

Sebuah sistem pemadam kebakaran yang ada di sebuah gedung tentu diperlukan perencanaan kebutuhan airnya. Kebutuhan air untuk sistem pemadam kebakaran biasanya membutuhkan kapasitas 30% lebih banyak dari kebutuhan air bersih bahkan dalam suatu kasus dapat mencapai dua kali lipat kebutuhan air bersih. Ruang tangki air yang disediakan oleh arsitek untuk hotel kapsul ini cenderung kecil untuk penambahan kapasitas air pemadam kebakaran, namun disisi lain hotel kapsul ini memiliki kolam renang yang cukup besar dengan volume air 175,5 m³. Untuk itu pada penyediaan air pemadam kebakaran untuk hotel kapsul ini menggunakan air dari kolam renang.

2.10.1 Perencanaan Jaringan Pipa Pemadam Kebakaran

Jaringan pipa menggunakan material *galvanized steel* dengan nilai C sebesar 120 (Hazen Williams C values). Nilai ekivalen untuk pipa dengan nilai C = 120 dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 20. Ekuivalen Panjang Pipa untuk c = 120

Fittings and Valves	Fittings and Valves Expressed in Equivalent Feet of Pipe													
	¾ in.	1 in.	1¼ in.	1½ in.	2 in.	2½ in.	3 in.	3½ in.	4 in.	5 in.	6 in.	8 in.	10 in.	12 in.
45° Elbow	1	1	1	2	2	3	3	3	4	5	7	9	11	13
90° Standard Elbow	2	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18	22	27
90° Long Turn Elbow	1	2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	18
Tee or Cross (Flow Turned 90°)	3	5	6	8	10	12	15	17	20	25	30	35	50	60
Butterfly Valve	—	—	—	—	6	7	10	—	12	9	10	12	19	21
Gate Valve	—	—	—	—	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6
Swing Check ^a	—	5	7	9	11	14	16	19	22	27	32	45	55	65

For SI Units: 1 ft = 0.3048 m.

Pipa tersebut digunakan untuk distribusi air ke semua *sprinkler*, *hydrant pillar*, dan *hydrant box*. Pada bangunan hotel kapsul ini direncanakan terdapat 2 *hydrant pillar* yang terletak di dua titik luar gedung, 12 *hydrant box* yang terdapat minimal 1 di setiap lantainya, serta data jumlah *sprinkler* sebagai berikut

Tabel 21. Jumlah *Sprinkler*

Lantai	Jumlah <i>Sprinkler</i>	Luas (m ²)
Basement	51	640
Lantai 1 Joglo	6	360
Lantai 2 Joglo	34	360
Lantai 1	52	640
Lantai 2	46	384
Lantai 3	46	384
Lantai 4	49	384
Lantai 5	47	384
Lantai 6	49	384
Jumlah total	380	3920

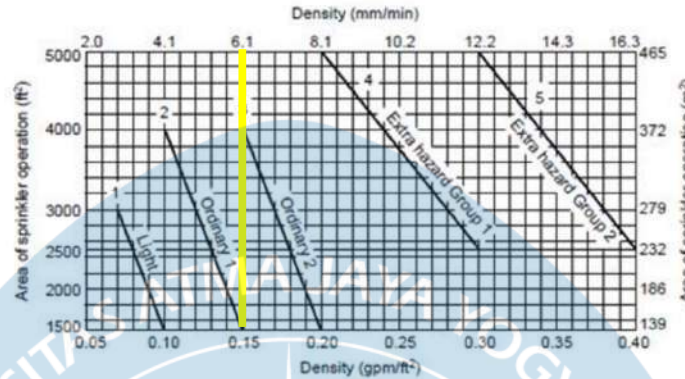
Berdasarkan jumlah *sprinkler* yang ada, dapat ditentukan diameter pipa *sprinkler* yang akan digunakan dalam perancangan, Dinas Pekerjaan Umum sudah menerbitkan ukuran pipa *sprinkler* untuk kebakaran ringan. Dengan jumlah *sprinkler* diantara 31-60 maka diameter yang digunakan sebesar 3 inch. Untuk lantai 1 joglo, karena jumlah sprinkle hanya sedikit maka menggunakan ukuran pipa 2 inch.

Tabel 22. Diameter Pipa *Sprinkler* Menurut DPU

Jumlah <i>Sprinkler</i>	Inch	Mm
2	1	25
3	1,25	32
4-5	1,5	40
6-10	2	50
11-30	2,5	65
31-60	3	75
61-...	4	100

Pada perancangan Hotel Kapsul ini termasuk dalam klasifikasi *Ordinary Hazard* sesuai luasan gedung hotel kapsul berdasarkan NFPA-13 dan SNI 03-1745-2000. Bangunan ini termasuk kedalam bahaya kebakaran ringan, sehingga jangkauan maksimum *sprinkler* untuk bahaya kebakaran ringan adalah 12,1 m². Berdasarkan NFPA-

13, seperti yang disebutkan bahwa bangunan ini tergolong ke dalam *Ordinary Hazard* dengan nilai sebagai berikut



Gambar 4. Kurva *Density*

Dalam perencanaan *sprinkler* pada gedung ini menggunakan *ceiling sprinkler* yang dipasang di plafon dan otomatis mengeluarkan air saat terjadi kebakaran. *Sprinkler* yang digunakan adalah *fire sprinkler pendent 68 C Viking* dengan kode penjualan VK102. Sprinkler tersebut memiliki nilai K Faktor sebesar 5,6 (nominal K faktor = 80 L/min/(bar)^{1/2}) dan tekanan maksimal 175 psi atau sama dengan 12 bar dengan ukuran lubang air ke *sprinkler* ½” Pemilihan sprinkle type ini dikarenakan dalam spesifikasinya memenuhi tipe okupansi yang sudah ditentukan dalam perancangan ini yaitu *Ordinary Hazard*. *Sprinkler* ini memiliki flow rate 73,81L/min (*Density x cover area sprinkler*)

2.10.2 Perhitungan *Headloss* dan Pompa Pemadam Kebakaran

Seperti halnya dengan pompa air bersih, perhitungan *headloss* juga penting dilakukan karena, apabila *headloss* tidak sesuai dengan spesifikasi pompa dapat menurunkan efektifitas sistem pemadam kebakaran.

1. Kehilangan tekanan (semua lantai, kecuali joglo lantai 1)

$$P_t = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 \quad (18)$$

$$P_t = \left(\frac{73,81}{80}\right)^2$$

$$P_t = 0,85 \text{ Bar}$$

Pressure loss berdasarkan hazen Williams

$$P_f = 6,05 \frac{Q^{1,85}}{(C^{1,85})(\phi^{4,87})} \times 10^5 \quad (19)$$

$$Pf = 6,05 \frac{73,81^{1,85}}{(120^{1,85})(75^{4,87})} \times 10^5$$

$$Pf = 1,82 \times 10^{-4} = 0,0002 \text{ Bar/m'}$$

$$\text{Jumlah tekanan } Pt = 0,85 + 0,0002 = 0,8502 \text{ Bar}$$

2. Kehilangan tekanan pada joglo lantai 1

$$Pt = \left(\frac{73,81}{80}\right)^2$$

$$Pt = 0,85 \text{ Bar}$$

Pressure loss berdasarkan hazen Williams

$$Pf = 6,05 \frac{Q^{1,85}}{(C^{1,85})(\phi^{4,87})} \times 10^5$$

$$Pf = 6,05 \frac{73,81^{1,85}}{(120^{1,85})(50^{4,87})} \times 10^5$$

$$Pf = 1,31 \times 10^{-3} = 0,0013 \text{ Bar/m'}$$

$$\text{Jumlah tekanan } Pt = 0,85 + 0,0013 = 0,8502 \text{ Bar}$$

3. Kebutuhan air *sprinkler* tiap lantai

$$V = Q \text{ liter/menit} \times \text{jumlah sprinkler} \times T \text{ (menit)} \quad (30) \tag{20}$$

$$V = 80 \times 51 \times 30 = 122,4 \text{ m}^3 \text{ (basement)}$$

$$V = 80 \times 6 \times 30 = 14,4 \text{ m}^3 \text{ (lt.1 joglo)}$$

$$V = 80 \times 34 \times 30 = 81,6 \text{ m}^3 \text{ (lt.2 joglo)}$$

$$V = 80 \times 52 \times 30 = 124,8 \text{ m}^3 \text{ (lt.1)}$$

$$V = 80 \times 46 \times 30 = 110,4 \text{ m}^3 \text{ (lt.2)}$$

$$V = 80 \times 46 \times 30 = 110,4 \text{ m}^3 \text{ (lt.3)}$$

$$V = 80 \times 49 \times 30 = 117,6 \text{ m}^3 \text{ (lt.4)}$$

$$V = 80 \times 47 \times 30 = 112,8 \text{ m}^3 \text{ (lt.5)}$$

$$V = 80 \times 49 \times 30 = 117,6 \text{ m}^3 \text{ (lt.6)}$$

4. *Hydrant box* diletakkan di tengah-tengah setiap lantainya untuk menambahkan faktor keamanan

5. *Hydrant pillar* diletakkan 2 buah di bagian luar bangunan tepatnya di dekat *lobby* (barat) dan bagian dekat ruang *genset* (timur)

6. Syarat pompa *hydrant* untuk sistem pemadam kebakaran gedung yaitu harus memiliki kapasitas minimal 500 galon per menit atau sekitar 1800 liter per menit. Kebutuhan kapasitas pompa yang terbesar ada pada lantai 1 hotel yaitu 4160 liter per menit, sehingga dibutuhkan pompa dengan kapasitas 200 GPM – 2000 GPM. Kapasitas pompa tersebut juga sudah memenuhi pasokan air hidran halaman yang sesuai SNI 03-1735-2000 yaitu 1200 liter/menit. Selain pompa utama (elektrik), gedung ini juga

direncanakan dipasang pompa *jockey* sebagai pengontrol sistem air dan stabilitas tekanan serta dipasang pompa diesel sebagai cadangan apabila pompa elektrik sudah mencapai batas maksimal kapasitas atau bila terjadi pemadaman listrik. Berdasarkan hitungan kehilangan tekanan dan kebutuhan air pemadam kebakaran dipilih pompa EBARA dengan head 9-10 bar

2.11 Perencanaan IPAL (Sistem Pengolahan Air Limbah)

Dalam pengolahan air limbah ini dipilih salah satu metode IPAL sederhana yaitu *biofilter* dengan memanfaatkan bakteri atau mikroba hidup pada suatu media filter untuk menguraikan zat polutan yang terkandung dalam limbah. Keunggulannya sistem ini adalah lumpur yang dihasilkan sedikit, kebutuhan lahan minim, serta bau dan kebisingan yang dihasilkan juga sedikit. Selain itu, ketersediaan IPAL sistem *biofilter* beserta komponen pendukung layaknya *blower*, *pompa backwash* yang disesuaikan dengan besarnya volume tangki IPAL banyak tersedia di pasaran.

2.11.1 Sistem Pembuangan Air Limbah

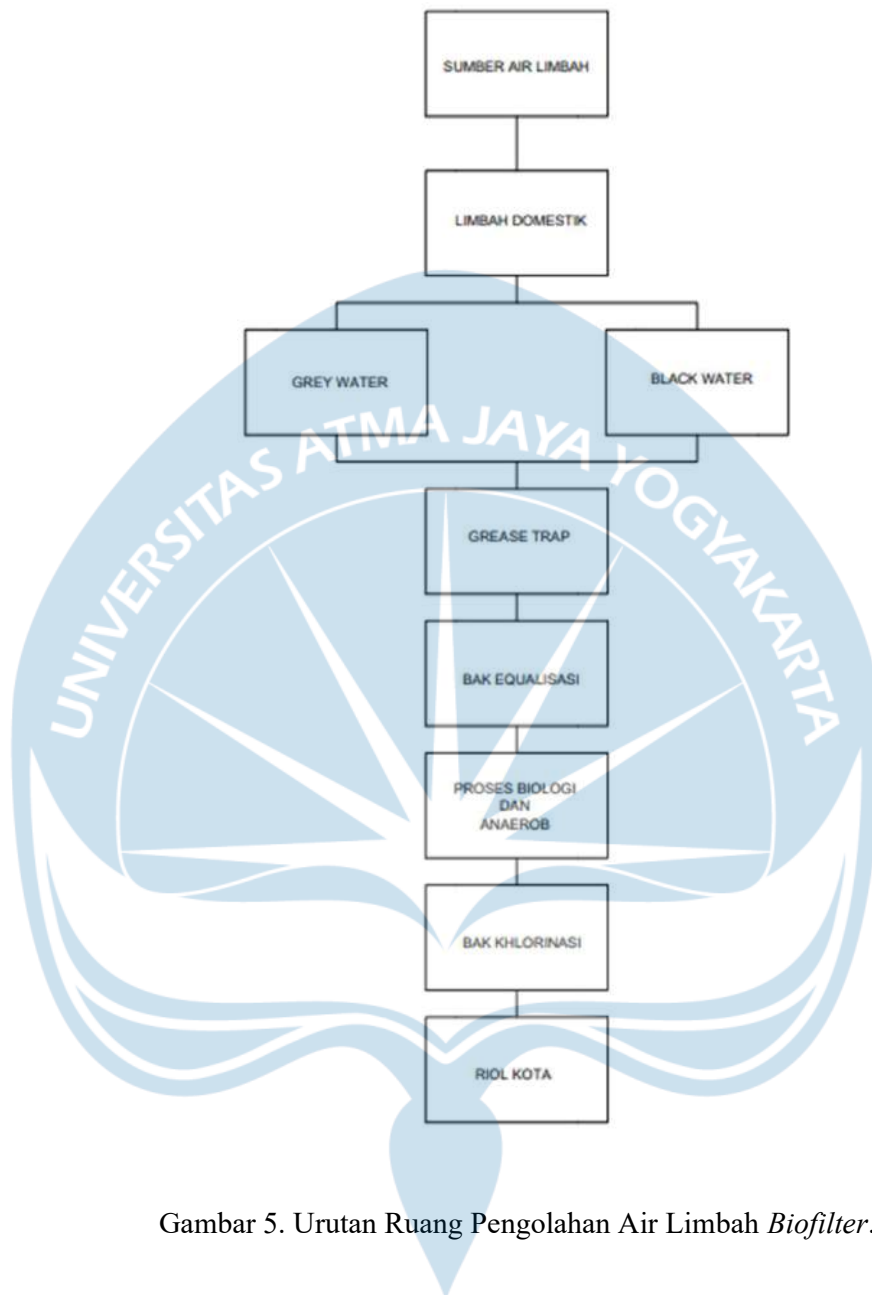
Pada umumnya sistem pembuangan air limbah terdiri dari dua macam yaitu :

1. Sistem pembuangan terpisah

Mengalirkan *black water* dan *grey water* ke dalam saluran pembuangan yang berbeda.

2. Sistem pembuangan tercampur

Mengalirkan *black water* dan *grey water* ke dalam saluran pembuangan yang sama. Di dalam perencanaan Hotel Kapsul digunakan sistem pembuangan tercampur dan langsung diolah menggunakan IPAL *Biofilter*. Desain IPAL *Biofilter* pada Hotel Kapsul ini dapat ditentukan setelah mendapatkan dimensi dari *grease trap* (bak pemisah lemak/minyak) dan kapasitas debit air limbah buangan.



Gambar 5. Urutan Ruang Pengolahan Air Limbah *Biofilter*.

2.11.2 Perhitungan Kapasitas Limbah Air Buangan

Perhitungan debit air limbah di hotel harus dihitung berdasarkan tingkat okupansi tertinggi. Dimana dibutuhkan data kebutuhan air bersih per jam atau per harinya. Untuk kebutuhan domestik, dibutuhkan rata-rata sebesar 80 hingga 90 persen dari pemakaian air bersih yang berpotensi menjadi air limbah.

Terdapat hubungan erat antara pemakaian air rata-rata setiap orang per hari dengan jumlah air limbah yang dihasilkan, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_d = (\text{Jumlah penghuni} \times \text{Debit air limbah perhari}) \times \text{Faktor pengembalian} \quad (21)$$

keterangan :

Jumlah penghuni = 385 orang (bedasarkan metode luasan efektif)

Debit air limbah per hari = 120 liter/hari (PERGUB DKI, 1225, 2005)

Faktor pengembalian = 0,8

Dalam perencanaan IPAL ini, penulis menggunakan perhitungan jumlah timbulan air rata-rata limbah per hari sebesar 80% dari debit pemakaian rata-rata air bersih perhari.

Tabel 23. PERGUB DKI, 1225, 2005

17.	Berdara Udara *	3	2,7	Liter/pengunjung/tidur dan penglihat	0,02	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Pembersih, Sulfur M. Norembung dan Takao Marimura
18.	Restoran	15	13,5	Liter/konsumen	0,11	SN 03-2005-2005
19.	Cedung Pertemuan	10	9	Liter/konsumen	0,08	SN 03-2005-2005
20.	Cedung Busway	10	9	Liter/konsumen	0,08	SN 03-2005-2005
21.	Hotel Melati s/d Bintang 2	150	120	Liter/tempat tidur/hari	1,00	SN 03-2005-2005
22.	Hotel Bintang 3 ke atas	250	200	Liter/tempat tidur/hari	1,67	SN 03-2005-2005
23.	Cedung Pertunjukan	5	4,5	Liter/orang/hari (bakum dengan air studio)	0,4	SN 03-2005-2005
24.	Pusat kesehatan	25	22,5	Liter/jam, pengunjung/hari	0,19	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Pembersih, Sulfur M. Norembung dan Takao Marimura
25.	Bar	30	24	Liter/jam, pengunjung/hari	0,20	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Pembersih, Sulfur M. Norembung dan Takao Marimura
26.	Pertemuan Sosial	30	27	Liter/jam, pengunjung/hari	0,23	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Pembersih, Sulfur M. Norembung dan Takao Marimura
27.	Klub Malam	235	188	Liter/jam, konsumen	1,57	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Pembersih, Sulfur M. Norembung dan Takao Marimura
28.	Cedung Pertemuan	25	20	Liter/konsumen	0,17	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Pembersih, Sulfur M. Norembung dan Takao Marimura
29.	Laboratorium	100	120	Liter/jam, staf/hari	1,00	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Pembersih, Sulfur M. Norembung dan Takao Marimura
30.	Pasar Tradisional /	40	36	Liter/konsumen	0,30	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Pembersih, Sulfur M. Norembung dan Takao Marimura

Keterangan : * Untuk pelayanan publik
Perhitungan menggunakan pendekatan PE hanya dipakai apabila tidak ada data aktual jumlah pemakaian air bersih per hari.

$$Q_d = (385 \times 120) \times 0,8$$

$$Q_d = 36960 \text{ liter/hari}$$

$$= 36,96 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Sehingga dapat digunakan paket STP, dengan merek Biosashi STP-RCO 40, untuk menampung debit air buangan sebesar 40 m³/hari.

2.11.3 Ukuran Grease Trap

Bak pemisah (lemak/minyak) yang direncanakan menggunakan gravitasi sederhana dan dilengkapi dengan *bar screen* pada bagian inletnya.

diketahui :

$$Q_d = 36,96 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Retention time (t)} = \pm 60 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume grease trap} &= \frac{t}{(60 \times 24)} \times Q_d \\ &= \frac{60}{(60 \times 24)} \times 36,99 \end{aligned} \quad (22)$$

$$= 1,529 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 2 \text{ m}^3 \text{ (pembulatan)}$$

Sehingga dipilih *Grease Trap* dengan tipe BGT-2, Volume 2 m^3 .

2.12 Pemanfaatan Air Green Roof

Pada proyek ini terdapat 3 lokasi *green roof* yang berada di lantai 3-5. Fungsi dari *green roof* selain memperindah estetika, dapat dimanfaatkan sebagai media penyaringan air hujan yang nantinya menjadi air cadangan untuk keperluan penyiraman tanaman yang ada di halaman Hotel Kapsul.

Sistem pemanfaatan air dari *green roof*, diawali dengan menampung air hasil penyaringan menuju *floor drain* kemudian ditampung tangki cadangan yang ada di lantai 3. Ukuran tangki cadangan didasari curah hujan periode ulang 5 tahun yaitu $142,41 \text{ mm/hari}$. Didapatkan dimensi tangki sebesar $0,14241 \times 20 \text{ m}^2 = 2,8482 \text{ m}^3$. Apabila kapasitas tangki tidak cukup dalam menampung air saringan *green roof*, maka kelebihan air tersebut akan langsung dialirkan menuju drainase melalui pipa luap yang ada di bagian atas tangki cadangan.

2.13 Curah Hujan

Curah hujan ditentukan dari data hujan yang diambil dari stasiun hujan sekitar lokasi proyek sebagai salah satu parameter perhitungan drainase dan sumur resapan. Dalam menentukan stasiun hujan, perlu mencari luasan curah hujan menggunakan *software* dengan metode polygon thiessen.

Berdasarkan lokasi proyek yang berada di Temon, Kulonprogo, maka stasiun hujan yang digunakan adalah Stasiun Gembongan. Data hujan yang ambil adalah data dari tahun 1991 hingga 2000 (10 tahun). Setiap tahunnya diambil data hujan maksimal yang nantinya digunakan sebagai salah satu variabel analisis frekuensi. Berikut data hujan maksimal yang didapatkan.

Tabel 24. Curah Hujan Maksimal Stasiun Gembongan

Tahun	Curah Hujan (mm)
1991	156,00
1992	115,00
1993	134,00
1994	83,00
1995	138,00
1996	73,98
1997	160,00
1998	105,00
1999	109,00
2000	85,00

2.14 Analisa Frekuensi

Dalam menentukan dimensi drainase dan sumur resapan, dibutuhkan data hujan di stasiun hujan di sekitar proyek yang ditinjau. Data hujan ini nantinya akan digunakan untuk mencari debit banjir dengan berbagai metode, salah satunya metode rasional.

Sebelum menentukan debit banjir, data hujan yang didapat harus melalui analisis frekuensi. Analisis frekuensi merupakan perkiraan dalam arti memperoleh probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk debit/curah hujan rencana yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Dalam laporan ini digunakan beberapa metode yaitu, yaitu log normal, log pearson tipe III, dan gumbel dalam mencari curah hujan rencana. Hujan rencana merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi.

Tabel 25. Syarat Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Gumbel Tipe I	$C_s \approx 1.14$
		$C_k \approx 5.4$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Log-Person tipe III	$C_s = 0$
		$C_k = 21,2$
4	Normal	$C_s \approx 0$
		$C_k \approx 3$
		$(x \pm s) = 68.27\%$
		$(x \pm 2s) = 95.44\%$

Dari hasil analisis frekuensi dari metode distribusi Normal, log normal, log pearson III dan gumbel. Metode yang dipilih berdasarkan Tabel 25 adalah log pearson tipe III dengan persamaan sebagai berikut :

$$\log X = \log X_{rt} + k \cdot S \quad (23)$$

Tabel 26. Hasil Analisis Metode Log Pearson 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
1991	1	156.00	2.19	2.064075155	0.12905	0.01665	0.00215	0.00028
1992	2	115.00	2.06	2.064075155	-0.00338	0.00001	0.00000	0.00000
1993	3	134.00	2.13	2.064075155	0.06303	0.00397	0.00025	0.00002
1994	4	83.00	1.92	2.064075155	-0.14500	0.02102	-0.00305	0.00044
1995	5	138.00	2.14	2.064075155	0.07580	0.00575	0.00044	0.00003
1996	6	73.98	1.87	2.064075155	-0.19497	0.03801	-0.00741	0.00145
1997	7	160.00	2.20	2.064075155	0.14004	0.01961	0.00275	0.00038
1998	8	105.00	2.02	2.064075155	-0.04289	0.00184	-0.00008	0.00000
1999	9	109.00	2.04	2.064075155	-0.02665	0.00071	-0.00002	0.00000
2000	10	85.00	1.93	2.064075155	-0.13466	0.01813	-0.00244	0.00033
Total		1158.98	20.50	20.64075155	-0.13961	0.12572	-0.00742	0.00293
X rerata		115.90						

No	Periode Ulang (Tahun)	Peluang (%)	S log X	log X rata2	Cs	k (dari tabel faktor frekuensi)	Y = log Xi	x (hujan mm/ks periode ulang)
1	2	50	0.118188652	2.050114	-0.62405554	-0.000955279	2.05	112.20
2	5	20	0.118188652	2.050114	-0.62405554	0.875	2.15	142.41
3	10	10	0.118188652	2.050114	-0.62405554	1.299955279	2.20	159.87
4	25	4	0.118188652	2.050114	-0.62405554	1.763188891	2.26	181.34
5	50	2	0.118188652	2.050114	-0.62405554	2.05514417	2.29	196.34
6	100	1	0.118188652	2.050114	-0.62405554	2.315099449	2.32	210.73
7	200	0.5	0.118188652	2.050114	-0.62405554	2.545175006	2.35	224.35

$$\begin{aligned} \log X_{rerata} &= \frac{\sum \log X}{n} \\ &= \frac{20.50}{10} = 2,050114112 \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \text{Standar deviasi} &= \sqrt{\frac{\sum (\log X - \log \bar{X})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,12572}{10-1}} = 0,118188652 \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{\sqrt{n \cdot \sum (\log X - \log \bar{X})^3}}{\sqrt{(n-1)(n-2) \cdot S \log X^3}} \\ &= \frac{\sqrt{10 \cdot -0,00742}}{\sqrt{(10-1)(10-2) \cdot 0,118188652^3}} \\ &= -0,624055543 \end{aligned} \quad (26)$$

Nilai K diambil dari tabel yang didasari oleh nilai Cs

Tabel 27. Mencari Nilai K

Kemencengan (CS)	Periode Ulang (tahun)						
	2	5	10	25	50	100	200
	50	20	10	4	2	1	0,5
3,0	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,668

2.14.1 Pengujian kesesuaian distribusi frekuensi menggunakan uji *Chi-Kuadrat* dan *Smirnov Kolmogorov*

Uji chi-kuadrat (uji data vertikal) adalah ukuran perbedaan yang didapat antara frekuensi yang diamati dengan yang diharapkan. Uji ini digunakan untuk menguji

simpangan tegak lurus yang ditentukan dengan rumus shahin. uji smirnov kolmogorov (uji data horizontal) digunakan untuk menguji simpangan secara mendatar.

Tabel 28. Uji Smirnov Kolmogorov

Tahun	n	Hujan (Xi)	Urutan Data Terbesar	P (x)	P (x<)	P'(x)	P'(x<)	D
				(n / m + 1)	(1-P(x))	(n/m-1))	(1-P'(x))	
1991	1	156.00	160.00	0.09091	0.90909	0.11111	0.88889	0.02020
1992	2	115.00	156.00	0.18182	0.81818	0.22222	0.77778	0.04040
1993	3	134.00	138.00	0.27273	0.72727	0.33333	0.66667	0.06061
1994	4	83.00	134.00	0.36364	0.63636	0.44444	0.55556	0.08081
1995	5	138.00	115.00	0.45455	0.54545	0.55556	0.44444	0.10101
1996	6	73.98	109.00	0.54545	0.45455	0.66667	0.33333	0.12121
1997	7	160.00	105.00	0.63636	0.36364	0.77778	0.22222	0.14141
1998	8	105.00	85.00	0.72727	0.27273	0.88889	0.11111	0.16162
1999	9	109.00	83.00	0.81818	0.18182	1.00000	0.00000	0.18182
2000	10	85.00	73.98	0.90909	0.09091	1.11111	-0.11111	0.20202

diketahui :

Dmaksimum = 0,202

Dkritis = 0,409 (Tabel nilai D Uji Smirnov Kolmogorov)

Maka hipotesa diterima karena, D maksimum < D kritis, D kritis ($\alpha = 5\%$) didapatkan dari tabel sebagai berikut.

Tabel 29. Uji Chi-Kuadrat

Xmax		160,00
Xmin		73,98
G	$1 + 3,322 \log(n)$	5,00
dk	$G - R - 1$	2,00
α	$0,05 = 5\%$	
Dari tabel Chi kuadrat, diperoleh harga X^2 sebesar 5,991		
Ef	n / k	2,0000
Dx	$(X \text{ max} - X \text{ min}) / (K - 1)$	21,5055
X awal	$X \text{ min} - (0,5 Dx)$	63,2251

Lanjutan Tabel 29.

No	Nilai Batasan			Of	Ef	$(Of-Ef)^2$	$(Of-Ef)^2 / Ef$
1	63.2251	< X <	84.7307	2	2	0	0.0
2	84.7307	< X <	106.2362	2	2	0	0.0
3	106.2362	< X <	127.7417	2	2	0	0.0
4	127.7417	< X <	149.2472	2	2	0	0.0
5	149.2472	< X <	170.7528	2	2	0	0.0
				8	8		
χ^2							0.00

Notasi G, pada derajat kebebasan (dk) adalah jumlah sub-kelompok. Nilai R yang diambil adalah 2, karena termasuk pada distribusi normal dan binomial.

Nilai Chi-square hitung = 0,0

n (jumlah data) = 10

G = 4,32 $\approx$ 5

Dk = 2,00

α = 0,05 = 5 %

Nilai *Chi-square* kritis = 5,991

Jadi, hipotesa diterima, karena $\chi^2 < 5,991$

2.14.2 Hasil Analisis Frekuensi

Dari perhitungan analisis frekuensi didapatkan nilai curah hujan (R24), sebagai berikut.

Tabel 30. Curah Hujan (R24)

Periode Ulang (Tahun)	R24 (mm)
2	112.2021578
5	142.4062935
10	159.8652512
25	181.3439331
50	196.3400203
100	210.7330222
200	224.3494016

Curah hujan yang digunakan dalam perhitungan sumur resapan dan drainase adalah data hujan pada periode ulang 5 tahun, yaitu sebesar 142,4063 mm.

2.15 Perencanaan Sumur Resapan

Selain curah hujan, pada dasarnya sumur resapan memiliki beberapa parameter lain yang digunakan untuk menentukan dimensi sumur. Berikut parameter yang digunakan beserta dengan perhitungannya.

1. Koefisien permeabilitas

$$\text{Nilai } K_{\text{rata-rata}} = 0.000273 \text{ cm/detik (asumsi)}$$

2. Luas area

$$A_{\text{total}} = 3457 \text{ m}^2$$

Persentase luas tanah :

$$A_{\text{atap}} = 10,41\% = 360 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{beton}} = 35,17\% = 1216 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{jalan (aspal)}} = 39,91\% = 1381 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{parkiran (paving)}} = 14,46\% = 500 \text{ m}^2$$

3. Koefisien aliran

$$\text{Koefisien atap} = \text{Koefisien beton} = 0,85$$

$$\text{Koefisien paving} = \text{Koefisien jalan} = 0.6$$

4. Curah Hujan

$$R_{24} = 142,4063 \text{ mm (curah hujan di titik proyek Hotel Kapsul)}$$

5. Intensitas Hujan

$$I = \frac{R_{24}}{24} x \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (27)$$

$$t = 2 \text{ jam (durasi hujan)}$$

$$I = \frac{142,4063}{24} x \left(\frac{24}{2}\right)^{2/3}$$

$$I = 31,1 \text{ mm/jam}$$

6. Debit tanpa sumur resapan

$$Q = C \times I \times A \quad (28)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{atap}} &= 0.85 \times 31,1 \times 360 \times 10^{-3} \\ &= 9,5166 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0026 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{beton}} &= 0.85 \times 31,1 \times 1216 \times 10^{-3} \\ &= 32,1449 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0089 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{jalan}} = 0.6 \times 31,1 \times 1381 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned}
 &= 25,77 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,0072 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 Q_{\text{paving}} &= 0.6 \times 31,1 \times 500 \times 10^{-3} \\
 &= 9,33 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,0026 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 Q_{\text{total}} &= 0,0213 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

7. Nilai F (faktor geometri)

$$F = 4R \text{ (tipe 3)}$$

$$R = 0,5 \text{ m, maka } F = 2$$

Dimensi sumur resapan

asumsi :

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

$$\text{Jari-jari} = 0,5 \text{ m}$$

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

8. Kedalaman sumur resapan

$$H = \frac{Q}{F \times K} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi x R^2}} \right) \quad (29)$$

$$H = \frac{0.0213}{4 \times 273 \times 10^{-8}} \left(1 - e^{-\frac{4 \times 273 \times 10^{-8} \times 7200}{\pi \times 1^2}} \right)$$

$$H = 190,46 \text{ m}$$

$$X = \frac{190,46}{10} \quad h = 10 \text{ m (asumsi kedalaman air tanah)}$$

$$X = 19,046 \approx 20$$

Jadi, dibutuhkan 20 sumur resapan. Setiap sumur membutuhkan 10 buis, sehingga membutuhkan 200 buis beton.

2.16 Perencanaan Drainase

Dranase adalah saluran yang digunakan untuk mengalirkan limpasan air menuju sumur resapan agar tidak terjadi limpasan permukaan yang berlebih. Pada perencanaan drainase ini digunakan saluran dengan bentuk segitiga. Berikut beberapa parameter yang digunakan dalam perhitungan dimensi saluran drainase.

2.16.1 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air dari satu titik menuju ke daerah drainase. Waktu konsentrasi dihitung dengan menggunakan rumus kirpich, yang dituliskan sebagai berikut (Irawan, 2019).

$$T_c = (3,97 \cdot L^{0,77}) \cdot (S^{-0,385}) \quad (30)$$

Tabel 31. Waktu Konsentrasi Tiap Saluran

DRAINASE	TC (menit)
1-28	374,3264
5-6	220,0004
10-11	212,0079
29-28	80,0976
30-18	572,3487
25-24	80,0976
23-22	80,0976
21-20	80,0976
26-19	440,2025
18-17	276,5836
19-16	179,7575
16-15	258,1425
15-14	71,1329
14-27	258,1425
17-9	294,6642
9-4	169,2841
3-13	186,6392
13-12	179,7575
8-7	179,7575
15-9	88,7714
2-26	347,0638

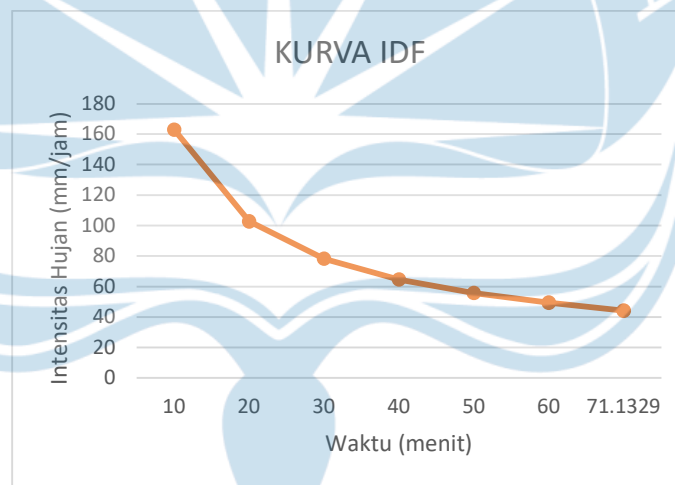
2.16.2 Intensitas Curah Hujan

Untuk mendapatkan nilai intensitas curah hujan yang optimal maka, waktu konsentrasi yang diambil adalah nilai terkecil, yaitu pada saluran 15-14, sebesar 1,1855 jam atau 71,1329 menit dengan persamaan mononobe.

Tabel 32. Intensitas hujan periode 5 tahun

T (menit)	Intensitas (mm/jam)
10	163,0145
20	102,6927
30	78,3692
40	64,6924
50	55,7502
60	49,3695
71,1329	44,0737

Intensitas hujan yang telah didapatkan, kemudian dihubungkan dengan durasi hujan dalam satuan menit yang disebut kurva IDF (*Intensity Duration Frequency*). Kurva tersebut digunakan untuk mengetahui karakteristik curah hujan di wilayah yang ditinjau.



Gambar 6. Kurva IDF

Dari kurva diatas disimpulkan bahwa intensitas hujan tertinggi terjadi dengan durasi yang relatif singkat, yang berarti hujan deras terjadi dengan waktu yang singkat juga.

2.16.3 Debit Banjir

Debit banjir ditentukan dengan menggunakan metode rasional (Irawan, 2019), yang dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (31)$$

keterangan :

Q = debit rancangan kala ulang 5 tahun (m³/dt)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan dengan kala ulang 5 tahun (mm/jam), rumus Mononobe:

A = luas daerah pengaliran (km²)

$$\begin{aligned} C_{gabungan} &= \frac{(C1 \cdot A1) + (C2 \cdot A2) + (C3 \cdot A3) + (C4 \cdot A4)}{(A1 + A2 + A3 + A4)} \\ &= \frac{(0,85 \cdot 360) + (0,85 \cdot 1216) + (0,6 \cdot 1318) + (0,6 \cdot 500)}{(360 + 1216 + 1318 + 500)} = 0,71 \end{aligned} \quad (32)$$

$$Q(\text{debit}) = 0,278 \cdot 0,71 \cdot 44,0737 \cdot 0,003457 = 0,0302 \text{ m}^3/\text{detik} = 108,2641 \text{ m}^3/\text{jam}$$

2.16.4 Dimensi Saluran Drainase

Drainase adalah bangunan air yang memiliki peranan penting bagi penyediaan ataupun pendistribusian air dari satu titik ke titik yang lain. Tidak hanya itu saja, drainase juga berfungsi untuk mengurangi genangan atau limpasan air pada permukaan yang tidak bisa menyerap air seperti aspal, beton, *paving*, dll. Air yang dialirkan oleh drainase nantinya akan dibawa kembali ke dalam tanah, sehingga volume air tanah yang dimiliki dapat terjaga.

Tabel 33. Unsur-Unsur Geometri Penampang Saluran

Penampang	Luas A	Keliling basah P	Jari-jari hidrolik R	Lebar puncak T	Kedalaman hidrolik D	Faktor penampang Z
 Persegi panjang	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b	y	$by^{1.485}$
 Trapezium	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$	$\frac{b + zy}{b + 2y}$	$\frac{(b + zy)^{1.485}}{\sqrt{b + 2y}}$
 Segitiga	zy^2	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$	$\frac{y}{2}$	$\frac{\sqrt{z}}{2} y^{1.485}$
 Lingkaran	$\frac{1}{8}(\theta - \sin \theta)d^2$	$\frac{1}{4}d\theta$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)d$	$\frac{(\sin \frac{1}{2}\theta)d}{2\sqrt{1 - \sin \frac{\theta}{2}}}$	$\frac{1}{4}\left(\frac{\theta - \sin \theta}{\sin \frac{\theta}{2}}\right)d$	$\frac{\sqrt{1 - \sin \frac{\theta}{2}}}{32} \left(\frac{\theta - \sin \theta}{\sin \frac{\theta}{2}}\right)^{1.485} d^{1.485}$
 Parabola	$\frac{1}{2}Ty$	$T + \frac{8}{3}y$	$\frac{2Ty}{3T + 8y}$	$\frac{3}{2} \frac{A}{y}$	y	$36\sqrt{6}y^{1.485}$
 Persegi panjang atau setengah lingkaran	$\frac{\pi}{2} \cdot 2 \cdot r^2 + (b + 2y)y$	$(\pi - 2)y + b + 2y$	$\frac{(\pi - 2)y^2 + (b + 2y)y}{(\pi - 2)y + b + 2y}$	$b + 2r$	$\frac{(\pi - 2)y}{b + 2r} + y$	$\frac{[(\pi - 2)y^2 + (b + 2y)y]^{1.485}}{\sqrt{b + 2r}}$
 Segitiga, dasar dibulatkan	$\frac{T^2}{4z} - \frac{r^2}{2z}(1 - z \cot^2 \theta)$	$\frac{T}{z}\sqrt{1 + z^2} - \frac{2r}{z}(1 - z \cot^2 \theta)$	$\frac{A}{P}$	$\frac{1}{2}(T - r) + r\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{A}{T}$	$A\sqrt{\frac{A}{T}}$

(Maryam dan Siregar, 2011)

Debit aliran dapat dialirkan pada saluran berbentuk penampang segitiga, penampang segi empat, penampang trapesium, dan bentuk penampang setengah lingkaran untuk drainase muka tanah (*surface drainage*) yang masing-masing memiliki unsur geometri sesuai Tabel 33, pada laporan ini dipilih penampang segitiga dan debit banjir diambil periode ulang 5 tahun.

Diketahui :

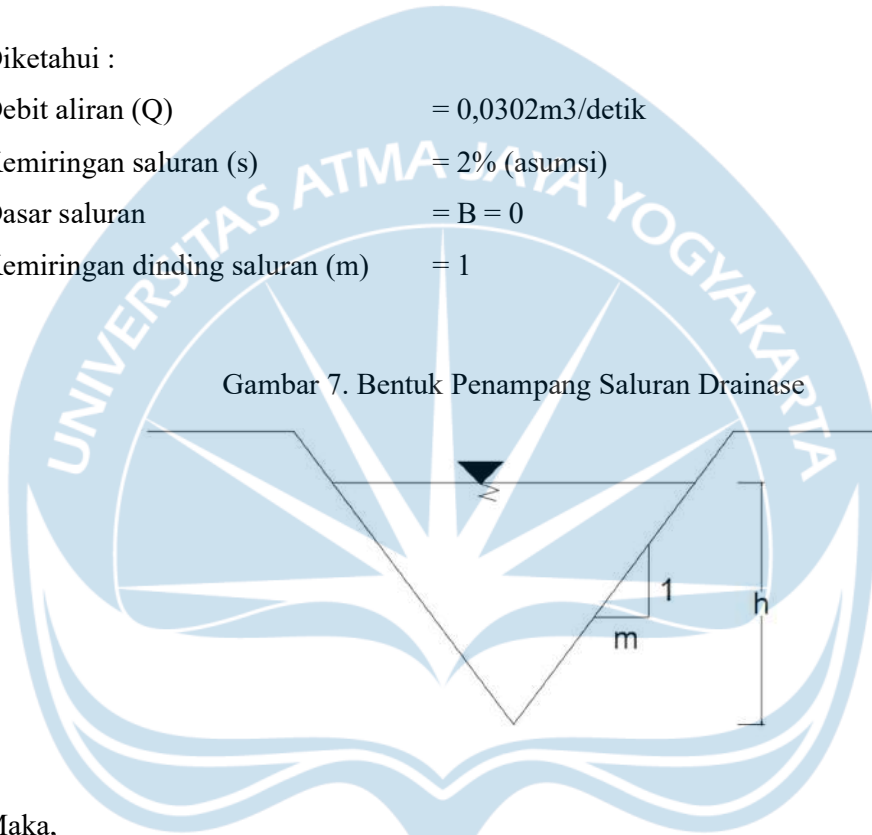
Debit aliran (Q) = 0,0302m³/detik

Kemiringan saluran (s) = 2% (asumsi)

Dasar saluran = B = 0

Kemiringan dinding saluran (m) = 1

Gambar 7. Bentuk Penampang Saluran Drainase



Maka,

$$\text{Luas penampang (A)} = m \times \frac{\text{alas} \times \text{tinggi}}{2} = 1 \times \frac{(h+h) \times h}{2} = h^2$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling basah (P)} &= B + m\sqrt{(1+h)^2} = 0 + 1\sqrt{(1+h)^2} \\ &= \sqrt{(1+h)^2} \end{aligned}$$

keterangan :

P = keliling basah

B = lebar penampang

H = kedalaman luas penampang maksimum

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari hidraulik (R)} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{h^2}{\sqrt{(1+h)^2}} \end{aligned} \tag{33}$$

$$\text{Formula manning (V)} = \frac{R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (34)$$

Tabel 34. Koefisien Kekasaran *Manning*

Tipe Saluran	Koefisien manning (n)
a. Baja	0.011 – 0.014
b. Baja permukaan gelombang	0.021 – 0.030
c. Semen	0.010 – 0.013
d. Beton	0.011 – 0.015
e. Pasangan batu	0.017 – 0.030
f. Kayu	0.010 – 0.014
g. Bata	0.011 – 0.015
h. Aspal	0.013

$$\text{Formula manning (V)} = \frac{\left(\frac{h^2}{(1+h)^2}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot (0,02)^{\frac{1}{2}}}{0,013} = 10,88 \left(\frac{h^2}{(1+h)^2}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (35)$$

$$Q = A \cdot V$$

$$0.0302 \text{ m}^3/\text{detik} = h^2 \cdot 10,88 \left(\frac{h^2}{(1+h)^2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\text{Tinggi muka air (h)} = 0,178 \text{ m} = 17,8 \text{ cm}$$

$$\text{lebar puncak (t)} = 2mh = 2 \cdot 1 \cdot 0,178 = 0,356 \text{ m} = 35,6 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi jagaan (w)} = 0,3 h = 0,3 \cdot (0,178) = 0,0534 = 5,34 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi saluran (H)} = h + w = 17,8 + 5,34 = 23,14 \text{ cm}$$

Untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan maka, dimensi drainase menjadi :

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$t = 40 \text{ cm}$$

$$w = 0,3h = 0,3 \cdot 20 = 6$$

$$H = h + w = 25 + 7,5 = 26 \text{ cm}$$

2.17 Ukuran Pipa Tegak

Diketahui bahwa curah hujan di daerah Hotel Kapsul adalah 30,19 liter/detik atau 108,69 mm/jam maka, dari Tabel 17 pada SNI 8153-2015 Sistem plambing pada bangunan gedung didapatkan ukuran pipa tegak pada gedung utama adalah 6 inch. Demikian juga untuk bangunan joglo dipilih ukuran pipa 6 inch.