

BAB II Perancangan Drainase dan Pemipaan

2.1 Latar Belakang

Perkembangan pembangunan infrastruktur semakin pesat di era ini. Sebuah bangunan gedung yang baik bukan hanya dilihat dari besar dan kekokohnya, tetapi juga dilihat dari bagaimana gedung tersebut dapat beroperasi dengan baik. Dalam pembangunan sebuah infrastruktur dengan, diperlukan perencanaan secara matang dari berbagai aspek. Salah satu sistem mekanikal yang harus direncanakan secara matang adalah sistem plambing itu sendiri. Fungsi dari sistem plambing adalah untuk menyalurkan air ke ruangan-ruangan yang membutuhkan air dengan jumlah tertentu. Dalam sebuah perancangan peralatan plambing, perlu diperhatikan kebutuhan air, laju aliran dalam pipa, tekanan air, kecepatan aliran, dan aspek-aspek yang bersinggungan dengan air lainnya.

Hotel Kapsul memiliki 1 *basement* dan 6 lantai, sehingga diperlukan penyesuaian tertentu untuk menentukan sistem distribusi yang dapat mencukupi ke seluruh penjuru bangunan yang membutuhkan aliran air. Maka dari itu dibutuhkan sistem penyediaan air bersih yang baik sehingga kebutuhan air pada gedung tersebut dapat tercukupi. Sistem penyediaan air yang umum adalah menggunakan tangki air bawah (*Groundwater Tank*) dan juga tangki air atas (*Rooftank*) untuk menyimpan air. Air dari *groundwater tank* dipompa menuju *rooftank* kemudian dialirkan kebawah ke pipa-pipa plambing. Pengelola air hujan digunakan drainase yang berfungsi untuk menyalurkan air hujan limpasan dari gedung menuju ke saluran kota.

2.2 Tinjauan Pustaka

Dalam perancangan sistem distribusi air bersih dan drainase memerlukan pedoman supaya memenuhi standar, dapat memenuhi syarat dan aman bagi bangunan yang akan diaplikasikan sistem pengairan tersebut. Dalam perancangan ini ada beberapa pedoman yang dipakai yaitu SNI 8153-2015 tentang Sistem Plambing pada

Bangunan Gedung, SNI 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing, SNI 8456-2017 tentang Sumur Dan Parit Resapan Air Hujan, SNI 03-2453-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan, SNI 06-2459-2002 tentang Spesifikasi Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan, dan buku Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing oleh Morimura, T. dan Noerbambang, S.

2.3 Perancangan Jaringan Pipa Air Bersih

2.3.1 Penentuan Kebutuhan Air Berdasarkan Jumlah Penghuni

Penggunaan air bersih di setiap gedung pasti berbeda dan tergantung oleh jumlah penghuninya. Dalam hal ini, kelompok Hotel Kapsul menghitung kebutuhan air bersih menggunakan metode berdasarkan jumlah penghuni.

Berikut merupakan tabel yang menunjukkan penggunaan atau pemakaian air rata-rata perhari berdasarkan jenis bangunan.

Tabel 2.1 Pemakaian Air Sesuai Penggunaan Gedung (SNI 03-7065-2005)

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 Permukiman Dep. Kimpraswil tahun 2000

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

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui hotel kapsul membutuhkan 250 liter/penghuni/hari

2.3.2 Penentuan Volume Ground Water Tank dan Rooftank

Perhitungan penentuan volume *groundwater tank* dan *rooftank* menggunakan perhitungan kebutuhan air bersih yang dihitung dengan cara :

- a) Menghitung jumlah pemakaian air berdasarkan jumlah penghuni

Jumlah Penghuni = 198 orang

Pemakaian Air = 250 liter/penghuni/hari

Qd (jumlah penghuni X pemakaian air) = 59,4 m³/hari

- b) Dilakukan perhitungan pemakaian air rata-rata per hari dengan rumus :

$$Qh = \frac{Qd}{t} \quad (2.1)$$

Qh = pemakaian air per jam

Qd = pemakaian air harian

t = waktu penggunaan

- c) Langkah selanjutnya adalah perhitungan pemakaian air pada jam dan menit puncak, dengan rumus :

$$Qh - \text{maks} = C1 \times Qh \quad (2.2)$$

Qh maks = pemakaian air pada jam puncak

C1 = koefisien (dipakai 2 untuk hotel)

Qh = pemakaian air per jam

$$Qm - \text{maks} = C2 \times Qh \quad (2.3)$$

Qm maks = pemakaian air pada menit puncak

C2 = koefisien (dipakai 4 untuk hotel)

Q_h = pemakaian air per jam

d) Langkah selanjutnya adalah menentukan ukuran *Ground Water Tank* dan *Roof tank* berdasarkan hitungan dan angka-angka yang sudah didapat, dengan rumus =

Kapasitas Pipa Dinas :

$$Q_s = \frac{2}{3} Q_h \quad (2.4)$$

Q_s = Kapasitas pipa dinas

Q_h = pemakaian air per jam

Volume GWT :

$$Volume\ GWT = [Q_d - (Q_s \times t)] \times T \quad (2.5)$$

Q_d = pemakaian air harian

Q_s = Kapasitas pipa dinas

t = waktu pengisian

T = waktu penampungan

Volume *Rooftank* :

$$VE = [(Qp - Qh - maks)Tp - (Qpu \times Tpu)] \quad (2.6)$$

Qp	= Qm -maks
Qh -maks	= pemakaian air pada jam puncak
$ Tp$	= Waktu penampungan
$ Qpu$	= $ Qh$ -maks
$ Tpu$	= Waktu pengisian

2.3.3 Penentuan Diameter Pipa Air Bersih

Ukuran pipa air pada bangunan gedung dapat ditentukan dengan metode dari SNI 8153-2015 sebagai berikut :

1. Menentukan “rentang tekanan” yang diinginkan pada Tabel 2.2.
2. Pilih “panjang pipa” sesuai dengan yang dibutuhkan.
3. Tentukan “nilai UBAP” yang dibutuhkan.
4. Setelah mendapatkan jumlah angka UBAP yang benar maka dapat digunakan untuk menentukan diameter dan panjang pipa. Bangunan gedung memiliki diameter pipa minimal $\frac{3}{4}$ inci (20 mm).

Tabel 2.2 Ukuran Pipa Berdasarkan UBAP (SNI 8153-2015)

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
UBAP untuk Rentang Tekanan 21 sampai 31,50 mka															
¾	½	6	5	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
¾	¾	16	16	14	12	9	6	5	5	4	3	2	2	2	1
¾	1	29	25	23	21	17	15	13	12	10	8	6	6	6	6
1	1	36	31	27	25	20	17	15	13	12	10	8	6	6	6
¾	1¼	36	33	31	28	24	23	21	19	17	16	13	12	12	11
1	1¼	54	47	42	38	32	28	25	23	19	17	14	12	12	11
1½	1¼	78	68	57	48	38	32	28	25	21	18	15	12	12	11
1	1½	85	84	79	65	56	48	43	38	32	28	26	22	21	20
1½	1½	150	124	105	91	70	57	49	45	36	31	26	23	21	20
2	1½	151	129	129	110	80	64	53	46	38	32	27	23	21	20
1	2	85	85	85	85	85	85	82	80	66	61	57	52	49	46
1½	2	220	205	190	176	155	138	127	120	104	85	70	61	57	54
2	2	370	327	292	265	217	185	164	147	124	96	70	61	57	54
2	2½	445	418	390	370	330	300	280	265	240	220	196	175	158	143
UBAP Rentang Tekanan 32,20 sampai 42 mka															
¾	½	7	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0
¾	¾	20	20	19	17	14	11	9	8	6	5	4	4	3	3
¾	1	39	39	36	33	28	23	21	19	17	14	12	10	9	8
1	1	39	39	39	36	30	25	23	20	18	15	12	10	9	8
¾	1¼	39	39	39	39	39	39	34	32	27	25	22	19	19	17
1	1¼	78	78	76	67	52	44	39	36	30	27	24	20	19	17
1½	1¼	78	78	78	66	52	44	39	33	29	24	20	19	17	16
1	1½	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
2	1½	151	151	151	151	150	117	98	84	67	55	42	38	35	32
1	2	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	83
1½	2	370	370	340	318	272	240	220	198	170	150	135	123	110	102
2	2	370	370	370	370	368	318	280	250	205	165	142	123	110	102
2	2½	640	610	610	580	535	500	470	440	400	365	335	315	285	250
UBAP Rentang Tekanan di atas 42 mka															
¾	½	7	7	7	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0
¾	¾	20	20	20	20	17	13	11	10	8	7	6	6	5	4
¾	1	39	39	39	39	35	30	27	24	21	17	14	13	12	11
1	1	39	39	39	39	38	32	29	26	22	18	14	13	12	11
¾	1¼	39	39	39	39	39	39	39	39	34	28	26	25	23	22
1	1¼	78	78	78	78	74	62	53	47	39	31	26	25	23	22
1½	1¼	78	78	78	78	78	74	65	54	43	34	26	25	23	22
1	1½	85	85	85	85	85	85	85	85	81	64	51	48	46	43
1½	1½	151	151	151	151	151	151	130	113	88	73	51	51	46	43
2	1½	151	151	151	151	151	151	142	122	98	82	64	51	46	43
1	2	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
2	2	370	370	370	370	370	370	370	340	288	245	204	172	153	141
2	2½	654	654	654	654	654	650	610	570	510	460	430	404	380	356

Sumber :UPC 2012 - IAPMO Tabel 610.4

2.3.4 Head Pompa dan Daya Pompa

Pompa merupakan alat yang berfungsi untuk memompa air dari satu titik menuju ke titik yang lain. Bangunan gedung memiliki alat plambing yang terletak pada elevasi tertentu sehingga memerlukan pompa yang mampu menyalurkan air hingga ke seluruh titik plambing pada gedung. Daya pompa dan *head* pompa merupakan 2 hal penting untuk menentukan jenis pompa yang dapat mencukupi seluruh kebutuhan pengaliran gedung. Perhitungan daya pompa dan *head* pompa dapat diperhitungkan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

a) Menghitung debit pengaliran :

$$Q = \frac{\text{volume rooftank}}{\text{waktu pemompaan}} \quad (2.7)$$

b) Menghitung diameter pompa :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} \quad (2.8)$$

Dimana :

D = Diameter

Q = Debit Pengaliran

V = Kecepatan aliran (asumsi)

c) Menghitung kecepatan pengaliran sebenarnya :

$$V_{cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \quad (2.9)$$

Keterangan :

V_{cek} = kecepatan pengaliran (m/s)

Q = debit pengaliran (m³/ detik)

D = diarneter pipa (m)

d) Perhitungan *head loss* pada pipa

$$Re = \frac{VxD}{\nu} \quad (2.10)$$

Keterangan :

Re = bilangan reynolds

V = kecepatan (m/s)

D = diarneter pipa (m)

ν = viskositas air (8,93 x 10⁻⁷ m²/s)

$$hf = \lambda x \frac{L}{D} x \frac{V^2}{2xg} \quad Re = \frac{VxD}{\nu} \quad (2.11)$$

Keterangan :

hf = *headloss* gesek pipa (m)

λ = koefisien kerugian gesek

g = gravitasi bumi (9,81 m²/detik)

L = Panjang pipa (m)

V = kecepatan aliran (m/detik)

D = diarneter pipa (m)

Re = bilangan raynolds

e) Perhitungan *head loss* akibat aksesoris

$$H_e = n \times \frac{KxV^2}{2xg} \quad (2.12)$$

Keterangan :

H_e = *Headloss* akibat aksesoris (m)

n = jumlah aksesoris

K = koefisien gesek

V = kecepatan aliran (m/detik)

g = gravitasi bumi (9,81 m²/detik)

f) Perhitungan *Head total* :

$$H_{total} = h_a + h_e + h_l \quad (2.13)$$

Keterangan :

h_a = *head* statis (m)

h_e = *head* aksesoris (m)

h_l = *headloss* pipa (m)

g) Perhitungan Daya Pompa :

$$p = \frac{\rho \times g \times Q \times H_{total}}{80\%} \quad (2.14)$$

Keterangan :

p = daya pompa (watt)

ρ = berat jenis air (1000 kg/m³)

g = gravitasi bumi (9,81 m²/detik)

Q = debit pengaliran (m³ / detik)

H_{total} = *headloss* total (m)

2.4 Perancangan Jaringan Pipa Drainase

2.4.1 Perhitungan Curah Hujan

Data curah hujan dalam merencanakan sistem drainase merupakan aspek penting. Fungsi dari analisis data curah hujan adalah untuk mengetahui periode ulang tahunan dalam jangka waktu 10 tahun. Dalam proses perhitungan curah hujan digunakan metode *polygon thiessen*.

Metode *polygon thiessen* dipakai untuk mencari curah hujan rata-rata dari lokasi proyek berdasarkan luasan DAS Progo. Metode ini memperhatikan tinggi hujan, jumlah stasiun dan luas wilayah yang diwakili oleh masing-masing stasiun untuk digunakan sebagai salah satu faktor dalam menghitung hujan rata-rata daerah yang bersangkutan (*factor thiessen*). Metode ini penerapannya menggunakan bantuan software QGis. Dengan menggunakan metode poligon thiessen setelah memasukan stasiun-stasiun hujan di lingkup area DAS Sungai Progo, didapatkan area tangkapan hujan masing-masing stasiun.

Setelah mendapatkan data curah hujan dan menentukan luasan area cakupan masing-masing stasiun hujan, kita dapat menghitung rerata curah per tahun serta menentukan data curah hujan maksimum dan minimum setiap tahun. Rumus hujan rata-rata daerah tinjauan adalah :

$$\bar{R} = \frac{Ra.Aa + Rb.Ab + Rc.Ac}{A_{total}} \quad (2.15)$$

Keterangan :

Ra, Rb, Rc = tinggi curah hujan pada masing-masing stasiun

Aa, Ab, Ac = Luas daerah yang dipengaruhi stasiun

A_{total} = Luas daerah total

\bar{R} = tinggi curah hujan rata-rata

2.4.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan untuk mendapatkan probabilitas terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk debit/curah hujan rencana yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi.

Metode ini dipakai untuk mendistribusikan probabilitas empiris dan akan didapatkan periode ulang hujan dengan waktu tertentu. Adapun untuk menentukan metode mana yang akan dipakai, kita mempunyai syarat-syarat seperti pada Tabel 2.3. untuk menentukan metode yang paling tepat.

Tabel 2.3 Syarat-syarat untuk menentukan distribusi yang sesuai

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Gumbel Tipe I	$C_s \leq 1,1396$
		$C_k \leq 5,4002$
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	Normal	$C_s \approx 0$
		$C_k \approx 3$
		$(x \pm s) = 68.27\%$
		$(x \pm 2s) = 95.44\%$
4	Log-Pearson tipe III	jika tidak memenuhi semua syarat diatas

2.4.3 Uji Sebaran

Pengujian sebaran data hujan dilakukan sebagai penentu kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data yang digunakan pada fungsi distribusi probabilitas yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi frekuensi tersebut memerlukan pengujian parameter. Pengujian parameter tersebut dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Uji Chi – Kuadrat

Uji Chi – Kuadrat dilakukan untuk menentukan metode yang akan digunakan agar dapat mewakili distribusi statistik pada sampel yang akan dianalisis. Uji Chi - Kuadrat ini dapat diterapkan pada pengujian kenormalan data, pengujian data yang memiliki level nominal atau pengujian dengan perbedaan dua atau lebih proporsi sampel. Pengambilan keputusan ini menggunakan parameter χ^2 karena itu hal ini disebut uji Chi – Kuadrat. Nilai parameter tersebut dihitung melalui persamaan:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.16)$$

Keterangan :

χ^2 = Parameter Chi – Kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke 1

2. Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji Smirnov – Smirnov merupakan jenis uji nonparametric untuk perbedaan antar distribusi kumulatif, sebuah sampel uji yang menyangkut persesuaian antar distribusi kumulatif yang teliti pada nilai sampel dan fungsi distribusi kontinu yang cukup spesifik. Sehingga

hal ini dapat menentukan ukuran pada penyimpangan data, maka dibuat batas kepercayaan dari perhitungan XT dengan uji Smirnov – Kolmogorov. Langkah melakukan perhitungan uji Smirnov – Kolmogorov.

- a. Mengurutkan data dari besar atau kecil atau sebaliknya dan menentukan besarnya peluang dari data-data tersebut.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_3 = P(X_3) \text{ dan seterusnya.}$$

- b. Mengurutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari gambaran data persamaan distribusinya.

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2)$$

$$X_3 = P'(X_3) \text{ dan seterusnya.}$$

- c. Dari nilai-nilai peluang tersebut, ditentukan selisih terbesar antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D_{max} = P(X_n) - P'(X_n) \quad (2.17)$$

Berdasarkan Tabel 2.6 nilai kritis dari uji Smirnov – Kolmogorov dapat ditentukan harga D_0 .

Tabel 2.4 Nilai Derajat Kepercayaan

N	Derajat kepercayaan (α)			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

2.4.4 Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan tinggi air hujan / satuan waktu. Intensitas hujan dihitung menggunakan analisis IDF dari daerah lokasi Gedung atau daerah yang ditinjau dengan memakai durasi hujan selama 2 jam dan dengan periode ulang 2 tahun. Intensitas hujan dihitung menggunakan metode monobe.

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.18)$$

Keterangan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = durasi curah hujan (jam)

$R24$ = curah hujan rencana dalam suatu periode ulang

2.4.5 Penentuan Dimensi Talang dan Pipa Tegak

Talang adalah saluran air hujan yang memiliki fungsi sebagai penampung air hujan dan mengalirkan ke saluran pembuangan. Talang memiliki berbagai macam bentuk yang berbeda dan bentuk tersebut menyesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi yang ada. Talang air hujan seringkali menjadi bagian yang tidak begitu diperhatikan saat merencanakan sebuah bangunan, akan tetapi talang air merupakan elemen penting dalam pengendalian air hujan.

Pipa tegak atau pipa pembuangan merupakan pipa yang berfungsi sebagai penyalur air hujan dari talang air hujan menuju saluran drainase. Ukuran dari pipa tegak dirancang untuk menyesuaikan ukuran talang air hujan.

Berdasarkan SNI 8153-2015 tentang Sistem Plambing pada Bangunan Gedung ukuran dari talang air hujan dan pipa tegak ditentukan dan menyesuaikan dengan luas atap maksimum.

Tabel 2.5 Ukuran Talang dan Pipa Tegak (SNI 8153-2015)

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
inci	L/dt'											
2	1.8	268	134	89	67	53	45	38	33	30	27	24
3	5.52	818	409	272	204	164	137	117	102	91	82	74
4	11.52	1709	855	569	427	342	285	244	214	190	171	156
5	21.6	3214	1607	1071	804	643	536	459	402	357	321	292
6	33.78	5017	2508	1672	1254	1003	836	717	627	557	502	456
8	72.48	10776	5388	3592	2694	2155	1794	1539	1347	1197	1078	980

2.4.6 Drainase Air Hujan

Drainase adalah saluran air yang berada pada permukaan tanah atau di bawah tanah. Dalam sebuah gedung drainase air hujan sangatlah penting karena berfungsi untuk mengalirkan air hujan ke sumur resapan ataupun saluran kota. Drainase dalam sebuah gedung dapat dihitung melalui tahapan berikut ini.

- 1) Menentukan koefisien manning, suatu angka yang digunakan sebagai ukuran efek resistensi saluran ketika air bergerak di saluran saluran, dinding atau cekungan.

Tabel 2.6 Koefisien Manning (*Bambang Triatmodjo, 1996*)

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

- 2) Menghitung jari – jari hidraulis dari drainase menggunakan rumus berikut ini.

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.18)$$

Keterangan :

R = jari jari hidraulis (m)

A = luas penampang basah (m²)

P = keliling basah (m)

- 3) Menghitung kecepatan rerata yang melalui drainase tersebut dengan rumus :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (2.19)$$

Keterangan :

V = kecepatan rerata ($m^3/detik$)

n = koefisien manning

R = jari jari hidraulis (m)

I = kerniringan dasar saluran

- 4) Menghitung tinggi jagaan pada saluran drainase menggunakan persamaan :

$$W = \sqrt{0,5 \times H} \quad (2.20)$$

Keterangan :

W = tinggi jagaan (m)

H = tinggi drainase (m)

2.5 Hasil dan Pembahasan

2.5.1 Penentuan Volume *Groundwater Tank* dan *Rooftank*

- a) Menghitung jumlah pemakaian air berdasarkan jumlah penghuni

Jumlah Penghuni = 198 orang

Pemakaian Air = 250 liter/penghuni/hari

Q_d (jumlah penghuni X pemakaian air) = $59,4 m^3/hari$

- b) Perhitungan Q_d (pemakaian air harian)

Didapat Q_d Hotel Kapsul = $5,94 m^3/jam$

- c) Perhitungan Q_h -maks (pemakaian air pada jam puncak) dan Q_m -maks (pemakaian air pada menit puncak).

Didapatkan Q_h -maks = $11,8 m^3/jam$

Didapatkan Q_m -maks = $0,40 m^3/menit$

- d) Perhitungan Kapasitas Pipa Dinas (Q_s)

Didapatkan Q_s = $3,96 m^3/jam$

- e) Perhitungan Volume GWT

Didapatkan Volume *Ground Water Tank* = $19,8 m^3$

Jadi, volume bak air bawah (*Ground Water Tank*) yaitu sebesar 19,8 m³ dengan dimensi seperti pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Dimensi Tangki air bawah

Panjang	4.00
Lebar (m)	3.00
Tinggi (m)	2.00

f) Perhitungan Volume *Rooftank*

Didapatkan Volume *Roof Tank* = 9,9 m³

Jadi, volume bak air atas (*Roof Tank*) yaitu sebesar 9,9 m³ dengan dimensi seperti pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Dimensi Tangki air atas

Panjang (m)	7.00
Lebar (m)	2.00
Tinggi (m)	1.00

2.5.2 Head Loss dan Tinggi *Rooftank*

Tinggi *rooftank* pada perancangan ini menggunakan asumsi bahwa jika *rooftank* pada ketinggian tertentu sudah bisa mengalir alat plambing terjauh pada lantai tertinggi proyek ini, maka dapat diasumsikan bahwa ketinggian *rooftank* tersebut sudah cukup untuk mengalir seluruh alat plambing.

Pertama tama ditentukan terlebih dahulu alat plumbing pada lantai tertinggi dan terjauh yaitu unit *shower* pada lantai 6. Kemudian dihitung *headloss* total dari *rooftank* menuju *shower* tersebut, untuk detail perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Headloss Titik Terjauh

Nota si	Keterangan	Panjang (m)	Diameter (inch)	Diameter (m)	Laju Aliran (l/detik)	V (m/s)	Re	Epsilon PVC (mm)	Kekasaran Relatif	f moody diagram	Kerugian gesek (hf)	K elbow	Tee Branch	Cross	Jumlah Aksesoris	K Total	Head Loss Aksesoris	Head Loss Total
A-B	Pipa	4,1	1,5	0,04	0,25	0,1990 44586	11198, 2083	0,0015	0,0375	0,065204	0,01349575	1			1	1,7	0,00343281 7	0,016928 567
B-C	Pipa	0,6	1,5	0,04	0,25	0,1990 44586	11198, 2083	0,0015	0,0375	0,065204	0,00197498 8	1			1	0,9	0,00181737 4	0,003792 362
C-E	Pipa	4	1,25	0,032	0,25	0,3110 07166	8958,5 6663	0,0015	0,046875	0,072040	0,04439405 6		1		1	0,64	0,00315516 3	0,047549 219
E-G	Pipa	4	1	0,025	0,25	0,5095 5414	6998,8 8018	0,0015	0,06	0,080934	0,17136907 6		1		1	0,64	0,00846957 5	0,179838 652
G-G1	Pipa	0,3	1	0,025	0,25	0,5095 5414	6998,8 8018	0,0015	0,06	0,080934	0,01285268 1	1			1	0,9	0,01191034	0,024763 021
G1-G2	Pipa	1	0,75	0,02	0,25	0,7961 78344	5599,1 0414	0,0015	0,075	0,090470	0,14614985 7		1		1	0,64	0,02067767 4	0,166827 532
G2-G3	Pipa	0,8	0,75	0,02	0,25	0,7961 78344	5599,1 0414	0,0015	0,075	0,090470	0,11691988 6		1		1	0,64	0,02067767 4	0,137597 56
G3-G4	Pipa	2	0,75	0,02	0,25	0,7961 78344	5599,1 0414	0,0015	0,075	0,090470	0,29229971 4			1	1	1	0,03230886 6	0,324608 581
G4-G5	Pipa	0,4	0,75	0,02	0,25	0,7961 78344	5599,1 0414	0,0015	0,075	0,090470	0,05845994 3		1		1	0,64	0,02067767 4	0,079137 617
G5-G6	Pipa	0,7	0,75	0,02	0,25	0,7961 78344	5599,1 0414	0,0015	0,075	0,090470	0,1023049		1		1	0,64	0,02067767 4	0,122982 574
G6-L3	Pipa	1,5	0,75	0,02	0,25	0,7961 78344	5599,1 0414	0,0015	0,075	0,090470	0,21922478 6	1			1	0,9	0,02907798	0,248302 765
L3-L4	Pipa	1	0,75	0,02	0,25	0,7961 78344	5599,1 0414	0,0015	0,075	0,090470	0,14614985 7		1		1	0,64	0,02067767 4	0,166827 532
L4-L4.1	Wastafel	0,27	0,75	0,02	0,2	0,6369 42675	4479,2 8331	0,0015	0,075	0,091261	0,02547534 5	1			1	1,9	0,03928758 1	0,064762 926

Dari tabel di atas jika *headloss* ditotalkan didapatkan *headloss* total *rooftank* sebesar 1,58 m. Tinggi *rooftank* pada perancangan ini diasumsikan berada pada ketinggian 4 m dari lantai 6. Kemudian menggunakan persamaan Bernoulli ketinggian *rooftank* tersebut dicek apakah dapat mengalir wastafel terjauh pada lantai 6. Jika masih belum memenuhi maka akan dilakukan penambahan tinggi *rooftank*. Berikut ini adalah perhitungan tinggi *rooftank* menggunakan persamaan Bernoulli.

Diketahui :

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Y = 9810 \text{ N/m}^3$$

$$V_2 = 0,2 \text{ m/s}$$

$$V_1 = 0,64 \text{ m/s}$$

$$Z_2 = 4 \text{ m}$$

$$Z_1 = 1,10 \text{ m}$$

$$P_2 = 50031 \text{ N/m}^2$$

$$P_1 = 49033,5 \text{ N/m}^2$$

Sehingga :

$$\frac{49033,5}{9810} + 1,1 + \frac{0,64^2}{2 \times 9,81} = \frac{50031}{9810} + 4 + \frac{0,2^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 3 \text{ m}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil selisih sebesar 3 m, maka tinggi *rooftank* akan ditambah sebesar selisih tersebut.

$$\text{Tinggi } \textit{rooftank} = 4 + 3$$

$$= 7 \text{ m}$$

Jadi, ketinggian *rooftank* pada Hotel Kapsul ini adalah sebesar 7 m dari lantai 6.

2.5.3 Penentuan Jenis Pompa

Sebelum menentukan jenis pompa yang akan dipakai untuk mengalirkan air menuju tangki air atas terlebih dahulu dihitung *head* total pompa. Kecepatan pengaliran pada perancangan ini diasumsikan sebesar $V = 1,5$ m/s. Berikut ini adalah langkah dalam menghitung *head* pompa. Dihitung debit pengaliran menggunakan tahapan berikut ini.

a) Perhitungan Q :

Q : Volume *Rooftank*/Tpu

: 9,9 / 10

: 0,99 m³/menit

: 0,017 m³/detik

Diambil V : 1,5 km/jam

Didapatkan diameter pipa sesuai rumus : 0,12 m

: 4,66 *inch*

: 5 *inch* (125mm)

V cek didapat

: 1,35 m/s (Aman)

b) Perhitungan *head loss* pada pipa

Dimana :

Re : 188,3 < 4000 (aliran turbulen)

L (panjang pipa) : 35,45 m

Λ : 0,02

D (diameter) : 125 mm

V (kecepatan aliran) : 1,5 m/s

Didapatkan hf mayor : 0,65 m

c) Perhitungan *head loss* akibat aksesoris

Dimana :

n (Jumlah aksesoris) : 5 buah (90 belokan)

K (koefisien gesek) : 0,38

hf minor : 0,18 m

V (kecepatan aliran) : 1,5 m/s

Didapatkan Hf minor : 0,18 m

d) Perhitungan *Head* total

Head statis didapat : 24,6 m

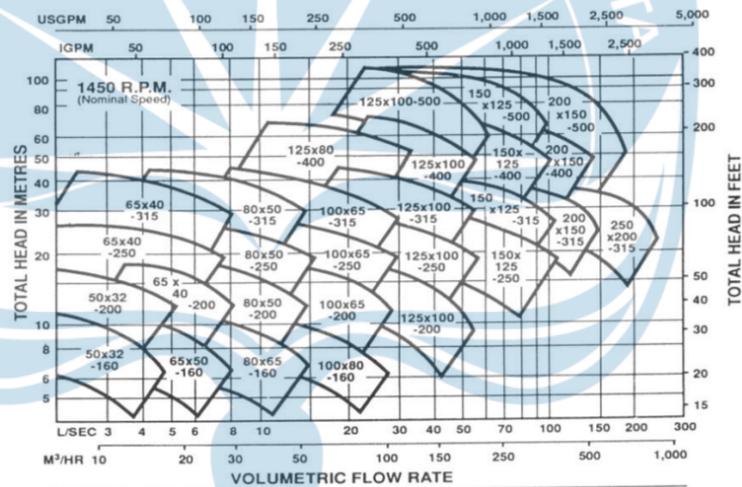
H total pompa : 24,6 + 0,65 + 0,18

: 25,43 m

e) Daya pompa

Didapatkan daya pompa (P) berdasarkan rumus = 5145,35 watt

f) Setelah didapatkan kecepatan aliran dan *head* total pompa, maka dapat ditentukan jenis pompa menggunakan gambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik Tipe Pompa GRUNDFORS

Jenis Pompa yang dipakai sesuai dengan grafik = 100x65 -250 (1450 R.P.M)

2.5.4 Penentuan Notasi dan Dimensi Pipa Air Bersih

Tabel 2.10 Contoh Hasil Penentuan Diameter Pipa Lantai 3 Hotel Kapsul

Notasi	Panjang	UBAP	Diameter (inch)	Diameter (m)
A-B	3865,1692	76	1,25	0,032
B-C	563,5761	76	1,25	0,032
C-C1	406,6906	8	0,75	0,02
C1-C2	669,3072	6	0,75	0,02
C2-C3	1304,0826	4	0,75	0,02
C3-C4	660,8327	2	0,75	0,02
C1-F1	2500	2	0,75	0,02
C2-F2	2500	2	0,75	0,02
C3-F3	2500	2	0,75	0,02
C4-F4	2500	2	0,75	0,02
F1-F1.1	262,7121	2	0,75	0,02
F2-F2.1	262,7121	2	0,75	0,02
F3-F3.1	262,7121	2	0,75	0,02
F4-F4.1	262,7121	2	0,75	0,02

Untuk keseluruhan notasi dan dimensi dapat dilihat di lampiran.

2.5.5 Penentuan Curah Hujan

Curah hujan pada perancangan ini dihitung menggunakan data hujan dari 4 stasiun di sekitar proyek dengan waktu 10 tahun. Luas sub DAS setiap stasiun ditentukan menggunakan software Qgis, untuk luas sub DAS setiap stasiun dapat dilihat pada table 2.11.

Tabel 2.11 Luas Sub-DAS masing-masing STA

No	Nama Stasiun Hujan	Luas Stasiun Hujan (km ²)
1	Kenteng	234
2	Kalibawang	989
3	Tegal	1039
4	Sapon	202

Setelah melalui perhitungan curah hujan yang terjadi selama 10 tahun pada 4 stasiun hujan tersebut, didapatkan data rata-rata curah hujan maksimum dan minimum pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Curah Hujan Rata-Rata masing-masing STA

Tahun	Curah Hujan Rata-Rata	
	Harian (Max/Tahun)	Harian (Min/Tahun)
1985	110,39	13,65
1986	75,50	16,79
1987	137,69	23,12
1988	91,92	28,57
1989	98,12	25,54
1990	65,13	14,07
1991	464,19	28,80
1992	65,04	16,03
1993	78,12	20,07
1994	72,12	23,77

2.5.6 Analisis Frekuensi

Parameter-parameter yang telah didapat akan digunakan sebagai penentu tipe distribusi :

- a) Standar Deviasi (S) = 121,0420833
- b) Koef.Kemencengan (*skewness*) (Cs) = 2,96357644
- c) Koef.Kortusis / Keruncingan (Ck) = 12,1624519
- d) Koef Variasi (Cv) = 0,96201062

Tabel 2.13 Penentuan Jenis Distribusi yang Sesuai

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan			Keterangan
1	Gurnbel Tipe I	$Cs \leq 1,1396$	2,9636	\leq	1,1396	Tidak Memenuhi
		$Ck \leq 5,4002$	12,1625	\leq	5,4002	
2	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$	2,9636	$=$	3,7763	Tidak memenuhi
		$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	12,16245	$=$	36,1441	
3	Normal	$Cs \approx 0$	2,9636	\approx	0	Tidak memenuhi
		$Ck \approx 3$	12,1625	\approx	3	
		$(x \pm s) = 68.27\%$	246,86	$=$	68,27	
		$(x \pm 2s) = 95.44\%$	367,91	$=$	95,44	

Karena tidak memenuhi syarat untuk ketiga jenis distribusi maka digunakan Log Pearson III. Dengan menggunakan distribusi Log Pearson III didapat data :

- a) Hujan maksimum rata-rata = 2,0059
- b) Standar Deviasi (S) = 0,273
- c) Koef Variasi (Cv) = 0,136
- d) Koef.Kemencengan (*skewness*) (Cs) = 0,665
- e) Koef.Kortusis / Keruncingan (Ck) = 2,248

Tabel 2.14 Penentuan Jenis Distribusi yang Sesuai

No	Periode Ulang (Tahun)	Peluang (%)	S log X	log X rata2	Cs	k (dari tabel faktor frekuensi)	Y = log X	x (hujan maks.periode ulang)
1	1	99	0,273	2,005	0,665	-1,773	1,521	33,2575
2	2	50	0,273	2,005	0,665	-0,112	1,975	94,4791
3	5	20	0,273	2,005	0,665	0,802	2,224	167,8405
4	10	10	0,273	2,005	0,665	1,3382	2,371	235,1181
5	25	4	0,273	2,005	0,665	1,9622	2,541	348,0535
6	50	2	0,273	2,005	0,665	2,807	2,772	591,9528
7	100	1	0,273	2,005	0,665	3,1957	2,878	755,8004

Setelah itu dilakukan uji sebaran data, Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data yang dipakai dapat mewakili dan tersebar dengan baik. Ada 2 metode uji sebaran yang dipakai yaitu uji sebaran chi kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorov.

a) Uji Smirnov Kolmogorov

Tabel 2.15 Uji Smirnov Kolmogorov

Tahun	n	Hujan (Xi)	Urutan Data	P (x)	P (x<)	P'(x)	P'(x<)	D
			Terbesar	(n / m + 1)	(1- P(x))	(n/m- 1)	(1-P'(x))	
1989	1	110,39	144,82	0,09091	0,909	0,111	0,889	0,02020
1990	2	75,50	92,04	0,18182	0,818	0,222	0,778	0,04040
1991	3	137,69	88,70	0,27273	0,727	0,333	0,667	0,06061
1992	4	91,92	81,75	0,36364	0,636	0,444	0,556	0,08081
1993	5	98,12	77,01	0,45455	0,545	0,556	0,444	0,10101
1995	6	65,13	59,95	0,54545	0,454	0,667	0,333	0,12121
2001	7	464,19	57,00	0,63636	0,363	0,778	0,222	0,14141
2004	8	65,04	53,66	0,72727	0,272	0,889	0,111	0,16162
2005	9	78,12	53,56	0,81818	0,181	1,000	0,000	0,18182
2006	10	72,12	51,46	0,90909	0,090	1,111	-0,1111	0,20202

Peluang maksimum (D maks): 0,20202

D kritis : 0,409

Didapat D maks < D kritis maka hipotesa diterima.

b) Uji Chi Kuadrat

Tabel 2.16 Perhitungan Parameter Uji Chi Kuadrat

Xmax		464,19
Xmin		65,04
K	$1 + 3,322 \log(n)$	4,32
DoF (Derajat Kebebasan)	$k - R - 1$	2,00
α	$0,05 = 5\%$	
Dari tabel Chi kuadrat, diperoleh harga X^2 sebesar 5,991		
Ef	n / k	2,0000
Dx	$(X \text{ max} - X \text{ min}) / (K - 1)$	99,7880
X awal	$X \text{ min} - (0,5 Dx)$	15,1471

Tabel 2.17 Perhitungan Parameter Uji Chi Kuadrat

Nomor	Nilai Batasan			Of	Ef	$(Of-Ef)^2$	$(Of-Ef)^2 / Ef$
1	15,1471	< X <	114,9351	6	2	16	2,7
2	114,9351	< X <	214,7231	3	2	1	0,3
3	214,7231	< X <	314,5111	0	2	4	-
4	314,5111	< X <	414,2991	0	2	4	-
5	414,2991	< X <	514,0871	1	2	1	1,0
				10	10		
X^2							4,0

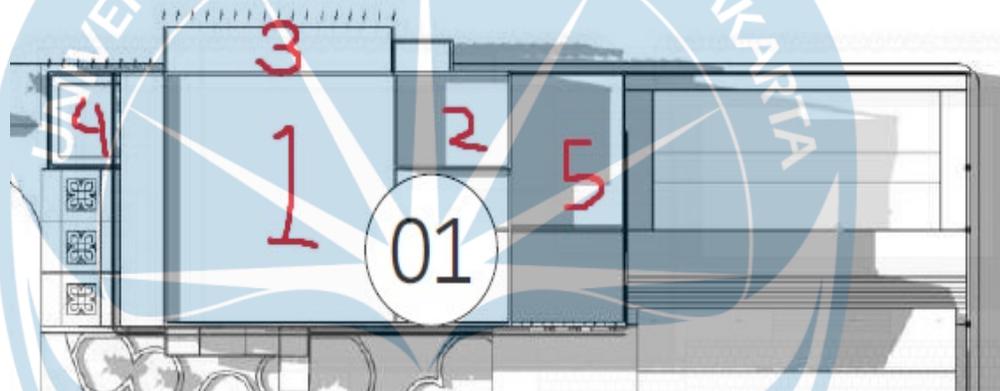
Didapat data :

Nilai <i>chi-square</i> hitung	: 4,0
n (jumlah data)	: 10
K	: 5
Dof	: 2,00
α	: 0,5 = 5%
Nilai <i>chi-square</i> kritis	: 5,991

Dari perhitungan yang sudah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa nilai Nilai *Chi-square* hitung < Nilai *Chi-square* kritis yaitu $4 < 5,991$, sehingga hipotesa diterima.

2.5.7 Penentuan Diameter Pipa Drainase

Pada perancangan ini dimensi pipa tegak dan talang ditentukan berdasarkan luasan masing-masing atap. Luas tiap atap dibagi seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.2 Pembagian Luas Atap

Setelah menentukan pembagian luas atap kemudian dihitung luas tiap bagian atap. Dimensi talang dan pipa tegak ditentukan berdasarkan tabel 2.18. untuk detail ukuran dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.18 Diameter Pipa Drainase

Nomor	Jenis	Luas (m ²)	Kemiringan Talang	Ukuran Talang (inch)	Diameter Pipa (inch)	Kemiringan Dag
1	Dag	397,86	-	-	3	1%
2	Dag	60,8	-	-	2	1%
3	Dag	43,7	-	-	2	1%
4	Dag	44	-	-	2	1%
5	Dag	44,6	-	-	2	1%

2.5.8 Perhitungan Saluran Drainase

Saluran drainase adalah tempat pembuangan air yang bertujuan untuk mengurangi kelebihan air dari suatu kawasan agar tempat tersebut bisa berfungsi secara optimal. Saluran drainase dibuat mengelilingi Hotel Kapsul dengan bentuk persegi panjang dengan kemiringan 2% dan lebar saluran $b = 0,2$. Berikut perhitungan saluran drainase.

Perhitungan saluran drainase :

Mencari h :

$$b = 2h$$

$$0,2 = 2h$$

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

Kemudian menghitung luas penampang :

$$A = b \times h$$

$$A = 0,2 \times 0,1$$

$$A = 0,02 \text{ m}^2$$

Lalu menghitung keliling basah saluran tersebut :

$$P = b + 2h$$

$$P = 0,2 + 2 \times 0,1$$

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

Setelah itu menentukan jari-jari hidraulis :

$$R = A/P$$

$$R = 0,02 / 0,4$$

$$R = 0,05 \text{ m}$$

Dikarenakan saluran dibuat dengan bahan beton, didapatkan Koefisien Manning sebesar $n = 0,01$. Sehingga kecepatan aliran tersebut :

$$V = 1/0,01 \times 0,05 \times 0,02$$

$$V = 1,48 \text{ m/detik}$$

Lalu dilakukan pengecekan apakah saluran dapat menampung debit yang mengalir :

$$Q_{\text{asli}} = 0,0157 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{rencana}} = 1,48 \times 0,02$$

$$Q_{\text{rencana}} = 0,03 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{rencana}} > Q_{\text{asli}}$$

Dan dilakukan perhitungan tinggi jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \times 0,1}$$

$$W = 0,22 \text{ m}$$

Maka, dari perhitungan diatas didapatkan saluran drainase dengan lebar 0,15m, tinggi 0,1 m dan tinggi jagaan 0,22m.