

II. PERANCANGAN KEARIFAN

2.1 Latar Belakang

Perkembangan pola pembangunan suatu infrastruktur saat ini semakin pesat di era ini. Pada sebelumnya, pembangunan infrastruktur memiliki pola horizontal, sedangkan semakin berkembangnya zaman pada saat ini, pembangunan infrastruktur dilakukan dibuat secara vertikal yaitu berupa gedung-gedung bertingkat. *Terrace Apartment* Surabaya merupakan salah satu bentuk dari bangunan vertikal. Dalam pembangunan sebuah infrastuktur dengan pola vertikal, 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. Pada instalasi plambing seringkali ditemukan permasalahan yaitu teknanan air yang kurang pada unit alat plambing yang ada di lantai-lantai teratas sehingga debit pengaliran air tersebut kecil dikarenakan tekanan yang diberikan tidak dapat mencukupi kebutuhan tersebut. Oleh karena itu, pada perencanaan plambing diperlukan sistem distribusi pengairan yang sesuai dengan konfigurasi bangunan sehingga tekanan dan debit aliran air dapat terpenuhi hingga di titik terjauh dari pompa.

Terrace Apartment memiliki 2 *basement* dan 5 lantai, sehingga diperlukan penyesuaian tertentu untuk menentukan sistem distribusi yang dapat mencukupi ke seluruh penjuru bangunan yang membutuhkan aliran air. Ada sekitar 43 ruangan yang membutuhkan aliran, yaitu toilet, musholla, dan setiap unit apartmen tersebut. Dengan 43 ruangan tersebut, apartmen tersebut dapat menampung penghuni hingga 103 penghuni. Dengan demikian, kebutuhan air pada bangunan tersebut dapat dikatakan relatif tinggi pada saat apartmen tersebut penuh dengan kapasitas maksimal penghuni tersebut secara efisien. Karena di lantai *roof top* tidak

disediakan tempat untuk meletakkan *roof tank*, maka air pada gedung apartemen tersebut ditampung pada *ground water tank*.

Sistem drainase pada Terrace Apartment ini dirancang untuk mengalirkan limpasan air hujan yang jatuh di area apartemen tersebut. Air hujan yang jatuh pada atap hotel akan disalurkan melalui talang yang ada pada dinding-dinding luar bangunan dan kemudian disalurkan oleh saluran kolektor dan langsung dibuang ke sistem drainase kota.

2.2 Sistem Plambing dan Drainase

Perancangan sistem penyebaran air bersih dan drainase memerlukan pedoman dan dirancang memenuhi standar agar perancangan sistem tersebut dapat memenuhi syarat dan aman bagi bangunan yang akan diaplikasikan sistem pengairan tersebut. Dalam melakukan perencanaan sistem penyebaran air bersih dan drainase tersebut menganut beberapa pedoman yang dipakai. Pedoman yang pertama adalah SNI 8153-2015 tentang Sistem Plambing pada Bangunan Gedung, 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 Pekarangan, dan buku Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing oleh Morimura, T. dan Noerbambang, S. M.

2.2.1 Kebutuhan Air Bersih

Dalam melakukan perencanaan sistem pengaliran air bersih gedung perlu ditinjau untuk dimensi pipa, dimensi tangki, dan kapasitas alat plambing yang ditentukan berdasarkan laju aliran air yang dibutuhkan oleh bangunan tersebut. Menurut (Noerbambang & Morimura, 1993), cara yang dapat digunakan dalam perencanaan besarnya kebutuhan air yaitu:

1. Metode berdasarkan jumlah pemakai

Metode perencanaan ini menggunakan jumlah penghuni yang ada pada bangunan apartemen dengan perhitungan jumlah penghuni dengan tepat

berdasarkan kapasitas kamar dengan *staff* yang ada di apartemen tersebut. Setelah itu kebutuhan air ditentukan dengan tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Pemakaian Air Sesuai Jenis Penghuni Bangunan

Peruntukan Bangunan	Pemakaian Air Bersih	Satuan
Rumah Mewah	250	Liter/penghuni/hari
Rumah biasa	150	Liter/penghuni/hari
Apartement	250	Liter/penghuni/hari

Sumber : SNI 03-6481-2000

Dari tabel di atas, didapatkan jumlah pemakaian setiap penghuni pada setiap jenis bangunan. Kemudian dapat dihitung kebutuhan air bersih pada gedung dengan langkah - langkah sebagai berikut :

- a. Dihitung jumlah pemakaian air seluruh penghuni pada bangunan.

$$Qd = \text{Jumlah penghuni} \times \text{pemakaian air/orang / hari} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$$Qd = \text{jumlah pemakaian air per hari (m}^3\text{/hari)}$$

- b. Dihitung nilai Qd dengan penambahan pemakaian air seperti pengisian kolam renang, menyiram tanaman, dsb.

$$Qd_{total} = (100\% + 20\%) \times Qd \quad (2.2)$$

Keterangan :

$$Qd = \text{jumlah pemakaian air per hari (m}^3\text{/hari)}$$

- c. Dihitung rata-rata kebutuhan air.

$$Qh = \frac{Qd}{t} \quad (2.3)$$

Keterangan :

Qh = jumlah pemakaian air per jam (m^3/jam)

Qd = jumlah pemakaian air per hari ($m^3/hari$)

t = pemakaian rata-rata (jam/hari)

- d. Dihitung pemakaian air pada jam puncak

$$Qh - maks = C_1 \times Qh \quad (2.4)$$

Keterangan :

$Qh - maks$ = pemakaian air pada jam puncak (m^3/jam)

Qh = jumlah pemakaian air per jam (m^3/jam)

C_1 = nilai konstanta jenis bangunan

- e. Dihitung pemakaian air pada menit puncak

$$Qm - maks = C_2 \times Qh \quad (2.5)$$

Keterangan :

$Qm - maks$ = pemakaian air pada menit puncak ($m^3/menit$)

C_2 = nilai konstanta jenis bangunan 3,0-4,0

Qh = jumlah pemakaian air per jam (m^3/jam)

Nilai penggunaan air yang didapatkan dari metode ini digunakan dalam menentukan volume tangki penampungan air, pompa dan alat plambing lainnya. Ukuran yang diperoleh melalui metode ini digunakan pada pipa penyediaan air.

2.2.2 Kapasitas *Ground Water Tank* (Tangki Bawah Tanah)

Ground Water Tank merupakan tempat yang digunakan sebagai penampung air yang berasal dari PDAM dan sumur. Dalam penentuan dimensi dan kapasitas tangki air diperlukan metode sebagai berikut :

1. Dihitung berdasarkan besarnya kapasitas pipa dinas

$$Q_s = \frac{2}{3} \times Q_h \quad (2.6)$$

Keterangan :

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

Q_h = penggunaan air pada jam puncak (m^3/jam)

2. Dihitung volume tangki air bawah tanah

$$Volume\ GWT = [Q_d - (Q_s \times t)] \times T \quad (2.7)$$

Keterangan :

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

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

t = pemakaian air 1 hari ($jam/hari$)

T = waktu penampungan (hari)

3. Dihitung dimensi tangki air bawah

Setelah melakukan perhitungan volume dari *ground water tank* tersebut, dapat menentukan dimensi untuk setiap tangki air bawah yang mencakup panjang, lebar, tinggi efektif, tinggi *free board*, dan tinggi total.

2.2.3 Daya Pompa dan *Head* Pompa

Pompa merupakan alat yang berfungsi sebagai *device* untuk memompa air dari satu titik menuju ke titik yang lain. Di dalam bangunan bertingkat memiliki alat plambing yang terletak pada elevasi tertentu yang memerlukan pompa yang mampu

menyalurkan hingga ke seluruh titik di setiap bangunan. Daya pompa dan head pompa merupakan 2 hal yang krusial untuk menentukan jenis pompa yang dapat mencukupi seluruh kebutuhan pengairan gedung. Perhitungan daya pompa dan *head* pompa dapat diperhitungkan melalui tahap-tahap sebagai berikut :

1. Dihitung debit pengaliran

$$D = \frac{Qh-maks}{3600} \times \sqrt{\frac{v}{3,14}} \quad (2.8)$$

Keterangan :

- D = diameter pipa
 $Qh-maks$ = pemakaian air pada jam puncak (m³/jam)
 v = kecepatan pengaliran 0,9-2 m/s

2. Dihitung *Head Loss* total

$$Hl = He + Hf \quad (2.9)$$

Keterangan :

- Hl = *Head* total (m)
 He = Kerugian gesek akibat aksesoris (m)
 Hf = Kerugian gesek pipa (m)

3. Dihitung *head* pompa

$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z + Hl \quad (2.10)$$

Keterangan :

- H = Head pompa (m)
 P = Tekanan minimum alat plumbing kgf/cm², dari tabel 3 SNI 03-7065-2005
 γ = berat jenis air

v = laju aliran (m/s)

z = perbedaan elevasi sisi hisap pompa dengan titik plumbing terjauh (m)

Hl = *Head loss* total (m)

4. Dihitung pemakaian menit puncak

$$Qm - maks = \frac{Qh}{60} \times C_2^2 \quad (2.11)$$

Keterangan :

$Qm - maks$ = penggunaan pada menit puncak (m³/menit)

Qh = jumlah penggunaan air per jam (m³/jam)

C_2 = faktor beban puncak, senilai 3,0 – 4,0

5. Dihitung kapasitas pompa

$$Qpu = \frac{2}{3} \times Qp \quad (2.12)$$

Keterangan :

Qpu = kapasitas pompa m³/menit

$Qp = Qm - maks$ = kebutuhan air menit puncak m³/menit

6. Dihitung daya dan efisiensi

$$n_s = n \frac{Q^2}{H^4} \quad (2.13)$$

Keterangan :

n_s = nilai efisiensi putaran (rpm)

Q = kapasitas pompa m³/menit

- n = jumlah putaran (rpm), dari spesifikasi pompa
 H = head pompa (m)

7. Dihitung daya dalam *Water Horse Power (WHP)*

$$WHP = \rho \times g \times Q \times H \quad (2.14)$$

Keterangan :

- WHP = Daya pompa (watt)
 Q = Kapasitas pompa (m³/menit)
 H = Head pompa (m)

8. Dihitung daya dalam *Break Horse Power (BHP)*

$$BHP = \frac{WHP}{\eta} \quad (2.15)$$

Keterangan :

- WHP = Daya pompa (watt)
 η = efisiensi pompa

2.2.4 Dimensi dan Notasi Pipa Air Bersih

Perencanaan sistem plambing pada sebuah gedung dibutuhkan notasi agar memudahkan dalam mengaplikasikan. Fungsi notasi pipa adalah digunakan agar dapat membedakan sistem satu pipa dengan yang lainnya. Perbedaan ini dapat berupa ukuran maupun jenis pipa. Notasi pipa air bersih dalam proyek *Terrace apartment* ini dapat dilihat pada lampiran. Dalam penentuan ukuran pipa digunakan tabel dapat mengacu pada SNI 06-0084-2002 tentang Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung.

Tabel 2.2 Ukuran Pipa PVC

Diameter Dalam		Diameter Luar			Tebal (mm)
		(mm)			
(mm)	(inci)	nominal	maks	min	
15	1/2	21,4	21,8	21	2
20	3/4	26,8	27,2	26,4	2,3
25	1	33,6	34	33,2	2,6
32	1 1/4	42,3	42,7	41,9	2,6
40	1 1/2	48,2	48,6	47,8	2,9
50	2	60,2	60,8	59,6	2,9
65	2 1/2	76	76,7	75,2	3,2
80	3	88,8	89,7	87,9	3,2
100	4	114,1	115,3	113	3,6
125	5	139,7	140,5	137,7	3,6
150	6	165,1	166,8	163,4	3,6
200	8	219,1	221,3	216,9	5
250	10	273	275,7	270,3	5
300	12	323,8	327	320,6	5
350	14	355,6	359,2	352	5,6
400	16	406,4	410,5	402,3	5,6
450	18	457	461,6	452,4	6,4
500	20	508	513,1	502,9	6,4
600	24	610	616,1	603,9	6,4

Sumber : SNI 06-0084-2002

2.2.5 Drainase Air Hujan

Sistem drainase merupakan sistem penyaluran air yang ada pada permukaan tanah maupun di bawah tanah. Dalam suatu bangunan, drainase air hujan sangat diperlukan karena memiliki fungsi untuk mengalirkan air hujan menuju sumur resapan atau saluran kota. Dalam merencanakan drainase diperlukan tahapan sebagai berikut.

1. Menentukan Koefisien Manning, yakni angka yang difungsikan sebagai besar kecilnya efek resistensi saluran pada saat air bergerak di sistem saluran.

Tabel 2.3 Koefisien Manning

Bahan	Koefisien Manning
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,01
Saluran beton	0,013
Bata dilapis Mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,03
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,04
saluran pada galian batu padas	0,04

Sumber : Buku Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing

2. Menghitung jari-jari hidraulis pada drainase

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.16)$$

Keterangan :

- R = jari-jari hidraulis (m)
 A = luas penampang basah (m²)
 P = Keliling basah (m)

3. Menghitung kecepatan rata-rata yang melalui drainase

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (2.17)$$

Keterangan :

V = kecepatan rerata (m³/detik)

N = koefisien manning

R = jari-jari hidraulis (m)

I = kemiringan dasar saluran

4. Menghitung tinggi jagaan saluran drainase

$$W = \sqrt{0,5 \times H} \quad (2.18)$$

Keterangan :

W = tinggi jagaan (m)

H = tinggi drainase (m)

2.2.6 Curah Hujan

Data curah hujan dalam merencanakan sistem drainase merupakan parameter yang begitu penting. Fungsi dari analisis data curah hujan adalah untuk mengetahui periode ulang tahunan dalam jangka waktu 10 tahun. Dalam perencanaan ini, digunakan metode Poligon Thiessen dalam perhitungan curah hujan rata-rata. Metode ini diperlukan dalam pencarian curah hujan rata-rata pada setiap daerah aliran sungai (DAS) yang akan ditinjau. Penggunaan metode ini dilakukan pada saat persebaran hujan di DAS tidaklah merata. Hal yang ditinjau dalam analisis ini adalah tinggi hujan, jumlah stasiun hujan, hingga luas wilayah yang diwakili oleh setiap stasiun untuk digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata di daerah yang bersangkutan (factor Thiessen). Poligon ini dibuat dengan menghubungkan garis berat diagonal terpendek dari para stasiun hujan yang ada.

2.2.7 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah memperoleh probabilitas pada terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk debit atau curah hujan rencana yang digunakan sebagai penentu perhitungan perencanaan hidrologi untukantisipasi kemungkinan yang akan terjadi. Tujuan pada analisis frekuensi adalah mencari hubungan antar besarnya kejadian ekstrim pada frekuensi suatu kejadian dengan distribusi probabilitas. Untuk menentukan jenis distribusi yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.4 Karakteristik Distribusi Frekuensi

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	Log Pearson tipe III	Selain tipe lainnya ($C_s \neq 0$)
4	Normal	$C_s \approx 0$
		$C_k \approx 3$
		$(x \pm s) = 68.27\%$
		$(x \pm 2s) = 95.44\%$

2.2.8 Uji Sebaran Data Hujan

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 :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (2.19)$$

Keterangan :

χ^2 = Parameter Chi – Kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

O_f = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke

E_f = 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 kontinyu yang cukup spesifik. Sehingga hal ini dapat menentukan ukuran pada penyimpangan data, maka dibuat batas kepercayaan dari perhitungan χ^2 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) dan seterusnya.

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

$$X1 = P'(X1)$$

$$X2 = P'(X2)$$

$$X3 = P'(X3) \text{ dan seterusnya.}$$

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

$$D_{max} = P(Xn) - P'(Xn) \quad (2.20)$$

Berdasarkan Tabel 2.5 nilai kritis dari uji Smirnov – Kolmogorov dapat ditentukan harga D_0 .

Tabel 2.5 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	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

2.2.9 Intesitas Hujan

Intesitas hujan adalah tinggi air hujan per satuan waktu. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan analissi IDF dari setiap lokasi pembangunan dengan menggunakan durasi hujan selama 2 jam dengan periode ulang selama 2 tahun. Metode yang dapat digunakan salah satunya adalah Metode Monobe.

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.24)$$

Keterangan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = durasi curah hujan (jam)

$R24$ = curah hujan rencana dalam suatu periode ulang

2.2.10 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 pengeendalian 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 2.6 Ukuran Talang Air dan Pipa Tegak

Ukuran Saluran atau Pipa Air Hujan	Debit	Luas Atap Maksimum yang Diperbolehkan Pada Berbagai Nilai Curah Hujan (m ²)										
		25,4 mm/j	50,8 mm/j	76,2 mm/j	101,6 mm/j	127 mm/j	162,4 mm/j	178 mm/j	203 mm/j	229 mm/j	254 mm/j	279 mm/j
Inci	L/dt ¹											
2	1,9	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	257	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

Sumber : SNI 8153-2015

2.3 Hasil dan Pembahasan

2.3.1 Penentuan Kebutuhan Air Bersih

Untuk mengetahui jumlah kebutuhan air bersih yang akan digunakan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Qd = \text{Jumlah penghuni} \times \text{pemakaian air per orang per hari}$$

Keterangan :

$$Qd = \text{jumlah pemakaian air per hari (m}^3\text{/hari)}$$

$$\text{Pemakaian air/orang/hari} = 250 \text{ l/hari (Noerbambang, Soufyan \& Morimura, Takeo, (2000), "Plumbing")}$$

Sehingga :

$$Qd = 103 \times 250$$

$$Qd = 25750 \text{ l/hari}$$

$$Qd = 25,75 \text{ m}^3\text{/hari}$$

Dilakukan penambahan sebesar 20% dari total kebutuhan per hari yang digunakan maka :

$$Qd_{total} = (100\% + 20\%) \times Qd$$

$$Qd_{total} = 120\% \times 25,75$$

$$Qd_{total} = 30,9 \text{ m}^3$$

Maka penggunaan air per hari dengan adanya penambahan sebesar 20% adalah $30,9 \text{ m}^3$.

- 1) Kebutuhan air rata-rata dalam jam kerja dihitung sebagai berikut :

$$Qh = \frac{Qd}{t}$$

Keterangan :

Qh = jumlah pemakaian air per jam (m^3/jam)

Qd = jumlah pemakaian air per hari (m^3/hari)

Sehingga :

$$Qh = \frac{30,9}{8}$$

$$Qh = 3,8625 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maka penggunaan rata-rata air dalam rentang waktu 8 jam adalah $3,8625 \text{ m}^3/\text{jam}$.

- 2) Pemakaian air pada saat jam puncak diperhitungkan sebagai berikut :

$$Qh - maks = C_1 \times Qh$$

Keterangan :

$Qh - maks$ = pemakaian air pada jam puncak (m^3/jam)

Qh = jumlah pemakaian air per jam (m^3/jam)

C_1 = nilai konstanta jenis bangunan

Sehingga :

$$Qh - maks = 2 \times 3,8625$$

$$Qh - maks = 7,725 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maka pemakaian air pada saat jam puncak adalah $7,725 \text{ m}^3/\text{jam}$.

- 3) Pemakaian air pada saat menit puncak diperhitungkan sebagai berikut :

$$Q_m - maks = C_2 \times Q_h$$

Keterangan :

$Q_m - maks$ = pemakaian air pada menit puncak (m^3 /menit)

C_2 = nilai konstanta jenis bangunan

Sehingga :

$$Q_m - maks = 4 \times 3,8625 \times \frac{1}{60}$$

$$Q_m - maks = 0,2575 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maka penggunaan air pada saat menit puncak adalah $0,2575 \text{ m}^3$ /menit.

2.3.2 Penentuan Ukuran Bak Air Bawah (*Ground Water Tank*)

Dengan penampungan air yang ditampung pada *ground water tank* (GWT) diperlukan dimensi yang sesuai dengan kapasitas kebutuhan air sehingga pada saat kondisi penggunaan air pada jam puncak dapat terpenuhi.

Untuk memenuhi kebutuhan air tersebut ditentukan dengan ukuran GWT dengan perhitungan sebagai :

- 1) Diperhitungkan dengan kapasitas pipa dinas dengan perhitungan sebagai berikut :

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

Keterangan :

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

Q_h = penggunaan air pada jam puncak (m^3 /jam)

Sehingga :

$$Q_s = \frac{2}{3} \times 3,8625$$

$$Q_s = 2,575 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maka kapasitas pipa dinasnya adalah $2,575 \text{ m}^3$ /jam.

- 2) Perhitungan dimensi volume bak air bawah dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Volume GWT} = [Qd - (Qs \times t)] \times T$$

Keterangan :

Qd = pemakaian air per hari (m^3/hari)

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

t = pemakaian air 1 hari (jam/hari)

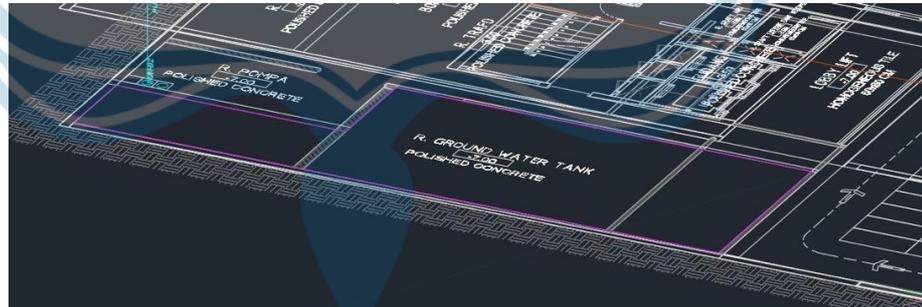
T = waktu penampungan (hari)

Sehingga :

$$\text{Volume GWT} = [30,9 - (2,575 \times 8)] \times 1$$

$$\text{Volume GWT} = 10,3 \text{ m}^3$$

Maka volume *ground water tank* yaitu sebesar $10,3 \text{ m}^3$. Peletakan GWT pada bangunan ini direncanakan seperti pada Gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Posisi *Ground Water Tank* pada Lantai B2

2.3.3 Penentuan Head dan Jenis Pompa Transfer

Head dan jenis pompa untuk sistem plambing di apartmen ini perlu diperhitungkan dengan matang agar distribusi air di seluruh unit di gedung ini dapat terpenuhi dengan efisien.

Untuk menentukan head dan jenis pompa, dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- 1) Ditentukan dimensi pipa dengan perhitungan sebagai berikut :

$$D = \frac{Qh - maks}{3600} \times \sqrt{\frac{v}{3,14}}$$

Keterangan :

D = diameter pipa

$Qh - maks$ = pemakaian air pada jam puncak (m^3/jam)

v = kecepatan pengaliran 0,9-2 m/s

Sehingga :

$$D = \frac{7,725}{3600} \times \sqrt{\frac{2}{3,14}}$$

$$D = 0,0369 \text{ m}$$

$$D = 1,45 \text{ inch, dibulatkan menjadi } 1,5 \text{ inch}$$

Sesuai dengan tabel 2.3, maka untuk diameter pipa menggunakan ukuran 1,5 inch atau 40 mm.

2) Dihitung *Head Loss* total melalui perhitungan sebagai berikut :

$$Hl = He + Hf$$

Keterangan :

Hl = Head total (m)

He = Kerugian gesek akibat aksesoris (m)

Hf = Kerugian gesek pipa (m)

Sehingga :

$$Hl = He + Hf$$

$$Hl = 0,0809 + 0,7203$$

$$Hl = 0,8619 \text{ m}$$

Maka total kerugian gesek (*head loss total*) sebesar 0,8619 m.

- 3) Dihitung head pompa melalui perhitungan sebagai berikut :

$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z + Hl$$

Keterangan :

H = Head pompa (m)

P = Tekanan minimum alat plumbung kgf/cm^2 , dari tabel 3 SNI 03-7065-2005

γ = berat jenis air

v = laju aliran (m/s)

z = perbedaan elevasi sisi hisap pompa dengan titik plumbung terjauh (m)

Hl = Head loss total (m)

Sehingga :

$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z + Hl$$

$$H = \frac{0,7 \times 98066,5}{1000 \times 9,81} + \frac{0,3949^2}{2 \times 9,81} + 24,8 + 0,8619$$

$$H = 32,7 \text{ m}$$

Maka head pompa yang dibutuhkan adalah 32,7 m.

- 4) Dihitung daya pompa melalui perhitungan sebagai berikut :

Pemakaian menit puncak

$$Qm - maks = \frac{Qh}{60} \times C_2$$

Keterangan :

$Qm - maks$ = penggunaan pada menit puncak (m^3/menit)

Qh = jumlah penggunaan air per jam (m^3/jam)

C_2 = faktor beban puncak senilai 3 sampai 4

Sehingga :

$$Qm - maks = \frac{Qh}{60} \times C_2$$

$$Qm - maks = \frac{3,7625}{60} \times 3$$

$$Qm - maks = 0,1931 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Maka kebutuhan pemakaian menit puncak sebesar 0,1931 m³/menit.

5) Perhitungan Kapasitas Pompa

$$Qpu = \frac{2}{3} \times Qp$$

Keterangan :

Qpu = kapasitas pompa m³/menit

$Qp = Qm - maks$ = kebutuhan air menit puncak m³/menit

Sehingga :

$$Qpu = \frac{2}{3} \times 0,1931$$

$$Qpu = 0,1289 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Maka, kapasitas debit pompanya adalah 0,1289 m³/menit.

6) Perhitungan Daya dan Efisiensi

$$n_s = n \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{H^4}$$

Keterangan :

n_s = nilai efisiensi putaran (rpm)

Q = kapasitas pompa m³/menit

n = jumlah putaran (rpm), dari spesifikasi pompa

H = head pompa (m)

Sehingga :

$$n_s = 1430 \frac{0,12892^{\frac{1}{3}}}{32,7^{\frac{4}{3}}}$$

$$n_s = 37,5511 \text{ rpm}$$

7) Dihitung daya dalam *Water Horse Power (WHP)*

$$WHP = \rho \times g \times Q \times H$$

$$WHP = 1000 \times 9,81 \times 0,1289 \times 32,7$$

$$WHP = 687,6714 \text{ watt}$$

Keterangan :

WHP = Daya pompa (watt)

Q = Kapasitas pompa (m³/menit)

H = Head pompa (m)

8) Dihitung daya dalam *Break Horse Power (BHP)*

$$BHP = \frac{WHP}{\eta}$$

$$BHP = \frac{687,6714}{84\%}$$

$$BHP = 817,6831 \text{ watt}$$

Keterangan :

WHP = Daya pompa (watt)

η = efisiensi pompa (didapatkan dari tabel spesifikasi resmi pompa Grundfos)

Maka daya pompa yang dibutuhkan adalah sebesar 817,6831 watt.

2.3.4 Penentuan Notasi dan Dimensi Pipa Air Bersih

Dalam perancangan saluran air, perlu diberikan notasi pemipaan agar mempermudah pada saat pelaksanaan pemasangannya. Setiap pipa diberi notasi pada setiap sambungan dengan panjang per 6 meter sesuai dengan panjang pipa maksimal yang dijual di pasaran. Pemberian notasi pipa pada perancangan apartemen ini ditentukan dengan kode PUK untuk pipa utama kamar, kode PUT untuk pipa utama toilet, kode PTK untuk pipa toilet karyawan, kode PTU untuk pipa toilet umum, kode PTW untuk pipa saluran musholla, kode ST untuk pipa unit Studio, kode PKST untuk pipa kamar mandi unit studio, kode 3BR untuk pipa kamar unit 3BR, kode PK3BR untuk pipa kamar mandi unit 3BR, kode 2BRD untuk pipa kamar unit 2BRD, dan kode PK2BRD pipa kamar mandi unit 2BRD. Setelah kode-kode sebelumnya, disambung lagi dengan kode berupa lantai peletakan pipa, nomor pipa ke sekian dan/atau nama alat plumbing. Contohnya PTU-WC/1 artinya adalah pipa toilet utama untuk WC 1.

Dimensi pipa pada perancangan ini ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Qh - max = A \times v$$

$$Qh - max = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times v$$

$$Qh - max = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times v$$

$$7,725 = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times 2$$

$$D = \sqrt{\frac{7,725 \times 2}{3600 \times \pi}}$$

$$D = 0,3696 \text{ m} = 1,4555 \text{ inch} \approx 1,5 \text{ inch}$$

Berdasarkan tabel 2.3, maka dimensi pipa yang digunakan adalah pipa dengan diameter 1,5 inch atau 40 mm.

2.3.5 Perhitungan Curah Hujan Maksimum

Curah hujan maksimum pada perancangan *Terrace Apartment* diperhitungkan dari data hujan 3 stasiun di sekitar proyek dengan interval waktu 10 tahun. Luas daerah aliran sungai ditentukan dengan bantuan *software* QGIS. Untuk luas setiap sub DAS pada setiap stasiun hujan dapat dilihat di tabel di bawah ini.

Tabel 2.7 Luas Sub-DAS Stasiun Hujan

Stasiun	Luas STA (km ²)
Godean	175,313
Barongan	110,989
Kemptut	87,944

Setelah melakukan perhitungan curah hujan interval 10 tahun pada 3 STA tersebut didapatkan hasil rata-rata hujan maksimum dan minimum pada tabel 2.7.

Tabel 2.8 Rata-Rata Curah Hujan

	Curah Hujan Rata-Rata	
	Harian (Max/Tahun)	Harian (Min/Tahun)
Tahun		
1991	8,479463908	5,308764795
1992	13,420	8,076
1993	8,059	7,188
1994	456,578	2,588
1995	15,896	3,151
1996	23,187	6,765
1997	7,213	1,914
1998	20,731	9,507
1999	20,638	10,527
2000	26,146	19,003

2.3.6 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi pada perhitungan yang digunakan dalam perencanaan saluran drainase digunakan untuk menentukan periode ulang beserta probabilitasnya. Pada hasil yang didapat dari perhitungan tersebut akan digunakan untuk penentu tipe distribusi.

- a. Standar Deviasi (S) : 139,4913
- b. Koefisien Variasi (Cv) : 2,3235
- c. Koefisien Kemiringan (Cs) : 3,1487
- d. Koefisien Kortusis (Ck) : 12,9784

Tabel 2.9 Penentuan Jenis Distribusi

No.	Tipe Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Gumbel	$Cs \approx 1,1396$	3,148678161 \approx 1,00	Tidak
	Tipe 1	$Ck \approx 5,4002$	12,97840225 \approx 5,4002	Memenuhi
2	Log Normal	$Cs=Cv^3 + 3Cv$	3,148678161 \approx 19,5144	Tidak Memenuhi
		$Ck=Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 2$	12,97840225 \approx 1482,196795	
3	Normal	$Cs=0$	3,148678161 \approx 0	Tidak Memenuhi
		$Ck=3$	12,97840225 \approx 3	
		$(x\pm s)=68,27\%$	199,5261709 \approx 68,27	
		$(x\pm 2s)=95,44\%$	339,0174762 \approx 95,44	
4	Log Pearson Tipe 3	Jika tidak memenuhi semua syarat diatas		Memenuhi

Setelah melakukan pencocokan hasil parameter dengan syarat setiap tipe distribusi, didapatkan hasil yang memenuhi syarat distribusi Log-Person III. Sehingga dapat

disimpulkan tipe distribusi yang digunakan dalam perhitungan adalah tipe Log-Pearson III.

- a. Hujan Maksimum Rata-Rata (Log X Rata-Rata) : 1,31
- b. Standar Deviasi (S Log X) : 0,71
- c. Koefisien Variasi (Cv Log X) : 0,55
- d. Koefisien Kemiringan (Cs Log X) : -0,82
- e. Koefisien Keruncingan (Ck Log X) : 2,17

Setelah mendapatkan nilai Cs, maka setelah itu melalui interpolasi didapatkan nilai K. Kemudian dapat diperhitungkan nilai hujan maksimal periode ulang 2 tahun hingga 200 tahun.

Tabel 2.10 Hujan Maksimal Periode Ulang

Periode Ulang (Tahun)	Peluang	K	Y = log X	X (hujan maks periode ulang) (mm/hari)
2	0,5	0,141	1,41	25,705
5	0,2	0,891	1,95	88,347
10	0,1	1,219	2,18	151,516
25	0,04	1,501	2,38	240,935
50	0,02	1,628	2,47	296,631
100	0,01	1,736	2,55	354,677
200	0,05	1,813	2,60	402,194

Setelah memperhitungkan hujan maksimal periode ulang tahunan, dilakukan uji sebaran data untuk mengetahui apakah data yang digunakan dapat mewakili dan tersebar dengan baik. Uji sebaran data ini menggunakan uji sebaran Chi-kuadrat dan uji Smirnov – Kolmogorov.

a. Uji Smirnov – Kolmogorov

Tabel 2.11 Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji Smirnov Kolmogorov								
Tahun	n	Hujan (Xi)	Urutan Data dari Terbesar	P(x)	P(x<)	P'(x)	P'(x<)	D
				(n/(m+1))	(1- P(x))	(n/(m- 1))	(1- P'(x))	(P(x<)- P'(x<))
1991	1	8,48	8,48	0,091	0,909	0,111	0,889	0,020
1992	2	13,42	7,21	0,182	0,818	0,222	0,778	0,040
1993	3	8,06	8,06	0,273	0,727	0,333	0,667	0,061
1994	4	456,58	26,15	0,364	0,636	0,444	0,556	0,081
1995	5	15,90	20,64	0,455	0,545	0,556	0,444	0,101
1996	6	23,19	23,19	0,545	0,455	0,667	0,333	0,121
1997	7	7,21	15,90	0,636	0,364	0,778	0,222	0,141
1998	8	20,731	20,73	0,727	0,273	0,889	0,111	0,162
1999	9	20,64	456,58	0,818	0,182	1,000	0,000	0,182
2000	10	26,15	7,21	0,909	0,091	1,111	-0,111	0,202

Kritik pada kepercayaan 0,05 (α) : 0,41

Peluang maksimum (Dmax) : 0,202

D kritis : 0,41

D maks < D kritis : 0,202 < 0,41

Dari perhitungan yang telah dilakukan, dapat didapatkan kesimpulan bahwa nilai Dmax < D kritis yaitu 0,202 < 0,41, sehingga hipotesis dapat diterima.

b. Uji Chi – kuadrat

Tabel 2.12 Perhitungan Parameter Uji Chi – Kuadrat

Uji Chi Kuadrat		
x maksimum		8,48
x minimum		7,21
K	$1+3,322 \log(n)$	4,32
DoF (Derajat Kebebasan)	K-R-1	1,32
α	0,05=5%	
Dari tabel Chi kuadrat, diperoleh harga X^2 sebesar		5,991
Ef	n/K	2
Dx	$(X \max - X \min) / (K-1)$	0
X awal	$X \min - (0,5 Dx)$	7,02

Tabel 2.13 Perhitungan Uji Chi – Kuadrat

Nomor	Nilai Batasan			Of	Ef	(Of-Ef) ²	(Of-Ef) ² / Ef
1	7,02	< X <	7	3	2	1	0,5
2	7	< X <	8	4	2	4	2
3	8	< X <	8	0	2	4	2
4	8	< X <	9	2	2	0	0
5	9	< X <	9	1	2	1	0,5

Nilai Chi – kuadrat hitung	5
n (jumlah data)	10
K	5
DoF	: 1,32
α	: 0,05 = 5 %
Nilai Chi – kuadrat kritis	: 5,991
Nilai Chi – kuadrat hitung < Nilai Chi kuadrat kritis	: 5 < 5,991

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai Chi – Kuadrat hitung < Nilai Chi – kuadrat, yaitu $5 < 5,991$, maka hipotesis diterima.

2.3.7 Perhitungan Drainase

Pada perencanaan sistem drainase ini bentuk saluran drainase diasumsikan dengan bentuk persegi panjang dengan kemiringan sebesar 2% dan lebar saluran $b = 0,15$ m. Perhitungan saluran drainase diperhitungkan dengan langkah sebagai berikut.

1. Menentukan h

$$b = 2h$$

$$0,15 = 2 \times h$$

$$h = 0,08 \text{ m}$$

2. Menentukan luas penampang saluran

$$A = b \times h$$

$$A = 0,15 \times 0,08$$

$$A = 0,01 \text{ m}^2$$

3. Menentukan keliling basah saluran

$$P = b + 2h$$

$$P = 0,15 + 2 \times 0,08$$

$$P = 0,3 \text{ m}$$

4. Menentukan jari-jari hidraulis

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{0,01}{0,3}$$

$$R = 0,04 \text{ m}$$

5. Saluran pada bangunan ini ditentukan terbuat dari bahan beton, sehingga berdasarkan tabel 2.4, saluran beton memiliki Koefisien Manning sebesar $n = 0,013$. Sehingga dapat dihitung kecepatan air yang mengalir pada saluran tersebut.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,013} \times 0,04^{\frac{2}{3}} \times 0,003^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 1,22 \text{ m/detik}$$

6. Menghitung debit rencana untuk pengecekan apakah saluran yang telah direncanakan dapat menampung debit yang mengalir.

$$Q_{rencana} = A \times V$$

$$Q_{rencana} = 1,22 \times 0,01$$

$$Q_{rencana} = 0,014 \text{ m}^3/\text{s}$$

