

## **BAB IV PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN**

### **IV.1. Sistem Penyaluran Air Buangan**

#### **IV.1.1. Konsep perencanaan sistem air buangan secara umum**

Air buangan gedung berasal dari alat-alat plambing yang terpasang di fasilitas yang dimiliki oleh gedung. Gedung kantor sewa dirancang sebagai kantor yang memiliki fasilitas penunjang retail. Fasilitas yang dimiliki oleh gedung kantor adalah 2 buah bar di lantai 1, toilet pria dan wanita di tiap lantai, 3 buah kantor di masing-masing lantai 2-8 dan juga mushola di lantai 9. Gedung retail memiliki fasilitas berupa 2 buah bar di lantai 1, toilet pria dan wanita di tiap lantai, 8 restoran di lantai 3, dan mushola di lantai 4.

Tiap fasilitas memiliki alat plambing yang berbeda seperti yang ditunjukkan oleh tabel IV.1. Untuk toilet memiliki alat plambing kloset, urinoir, lavatory, dan floor drain. Untuk Bar memiliki bak cuci piring. Tiap kantor memiliki pantry dengan alat plambing berupa bak cuci piring. Restoran memiliki alat plambing bak cuci piring. Mushola memiliki alat plambing floor drain. Tiap alat plambing ini menghasilkan air buangan yang dapat dikategorikan menjadi *blackwater* dan *greywater*. Kloset dan urinoir menghasilkan *blackwater*, sedangkan lavatory, floor drain dan bak cuci piring menghasilkan *greywater*.

Gedung kantor sewa di Kawasan Kemang direncanakan menggunakan sistem penyaluran limbah terpisah. Sistem ini memisahkan penyaluran *greywater* dan *blackwater* dalam saluran yang berbeda. Penyaluran air limbah di gedung ini mengandalkan sistem gravitasi. Air limbah yang masuk ke pipa cabang mendatar akan masuk ke pipa tegak dan kemudian dialirkan menuju tempat pengumpulan air limbah sebelum diolah.

Tabel IV.1 Alat Plambing Gedung Kantor

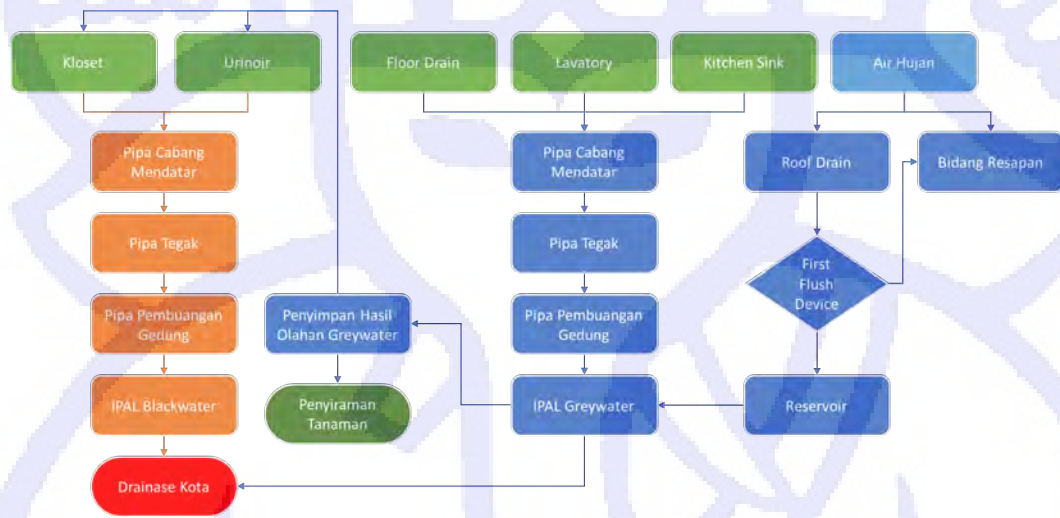
Lantai	Fasilitas	Jenis alat plambing	Jumlah alat plambing	
<b>Basement 1</b>	Toilet pria	Kloset duduk	1	
		Urinoir	4	
		Lavatory	2	
		Floor drain	2	
	Toilet wanita	Kloset duduk	2	
		Lavatory	2	
		Floor drain	3	
		Toilet pria	Kloset duduk	2
			Urinoir	4
			Lavatory	3
Floor drain			3	
<b>Lantai 1</b>	Toilet wanita	Kloset duduk	3	
		Lavatory	3	
		Floor drain	4	
	Bar	Bak cuci bar	2	
		Lavatory	4	
	<b>Lantai 2-8</b>	Toilet pria	Kloset duduk	14
Urinoir			28	
Lavatory			21	
Floor drain			21	
Toilet wanita		Kloset duduk	21	
		Lavatory	21	
		Floor drain	28	
Pantry		Bak cuci piring	21	
<b>Lantai 9</b>		Mushola	Floor drain	1

Tabel IV.2 Alat Plumbing Gedung Retail

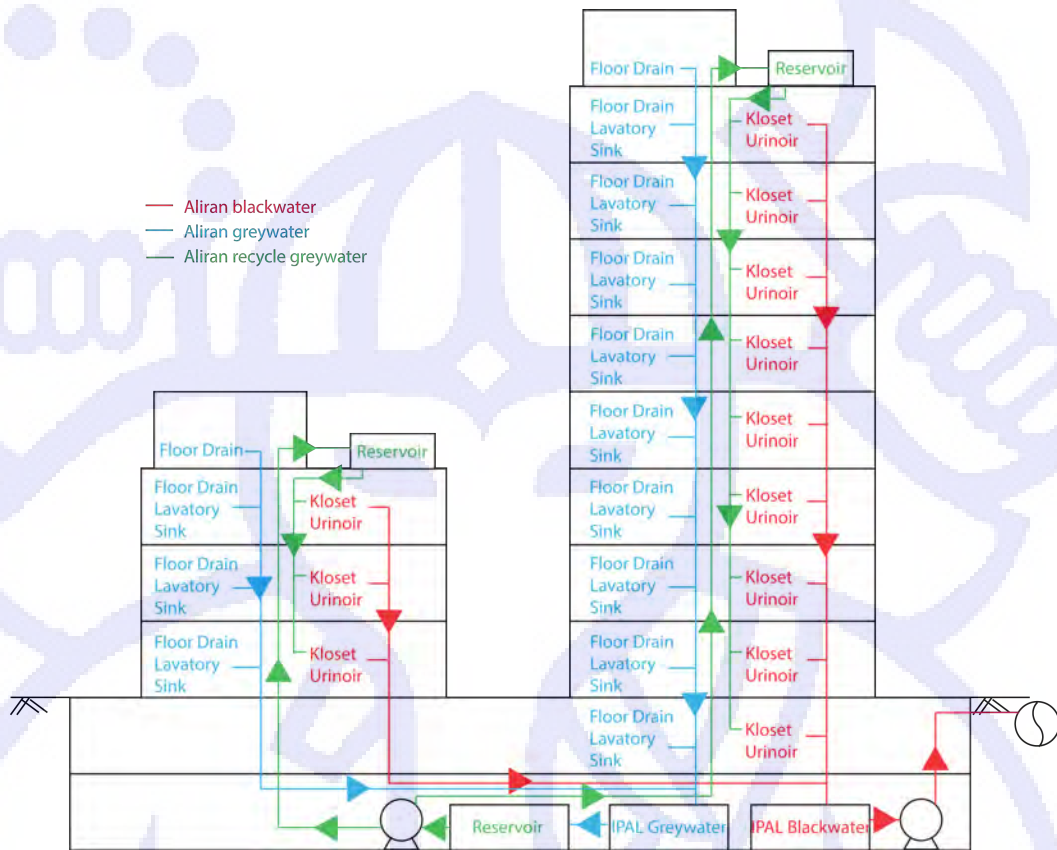
Lantai	Fasilitas	Jenis alat plumbing	Jumlah alat plumbing
	Toilet pria	Kloset duduk	3
		Urinoir	4
		Lavatory	3
		Floor drain	4
<b>Lantai 1</b>	Toilet wanita	Kloset duduk	4
		Lavatory	3
		Floor drain	5
	Bar	Bak cuci bar	2
		Lavatory	4
	<b>Lantai 2</b>	Toilet pria	Kloset duduk
Urinoir			4
Lavatory			3
Floor drain			4
Toilet wanita		Kloset duduk	4
		Lavatory	3
		Floor drain	5
<b>Lantai 3</b>	Toilet pria	Kloset duduk	3
		Urinoir	4
		Lavatory	3
		Floor drain	4
	Toilet wanita	Kloset duduk	4
Lavatory		3	
Floor drain		5	
<b>Lantai 3</b>	Resto	Bak cuci piring	8
		Lavatory	6
	<b>Lantai 4</b>	Mushola	Floor drain

Sistem penyaluran limbah terpisah dipilih karena gedung ini direncanakan untuk memenuhi persyaratan *green building* yang salah satunya adalah konservasi air. Salah satu poin dari konservasi air adalah daur ulang *greywater* untuk dipakai lagi sebagai penggelontor kloset atau kebutuhan lain. Oleh karena itu *greywater* harus

disalurkan terpisah agar bisa diolah menjadi air untuk penggelontor dan kebutuhan lain seperti penyiraman tanaman. Selain greywater, air hujan juga akan diolah untuk direcycle. Sebelum diolah bersama greywater, air hujan ditampung terlebih dahulu dalam reservoir. Bagan alir penyaluran air buangan ditampilkan oleh gambar IV.1 dan skema aliran ditunjukkan oleh gambar IV.2.



Gambar IV.1 Flowchart Aliran Air Buangan



Gambar IV.2 Skema Aliran Air Buangan

Debit air buangan diperlukan untuk pemilihan IPAL Greywater yang akan dipasang pada gedung. Menurut Linaweaver dan Wolfe (1963), jika tidak ada data yang akurat mengenai debit air buangan, maka dapat diperkirakan bahwa sekitar 6% dari air yang disuplai untuk penggunaan dalam ruang gedung tidak masuk ke jaringan sewer domestik. Selain itu *National Handbook of Recommended Methods for Water Data Acquisition* (USGS-19) menyatakan bahwa konsumsi air domestik sesungguhnya adalah 2%-3% dari kebutuhan air rata-rata. Maka dapat disimpulkan bahwa air yang masuk ke dalam pipa buangan dan menjadi air buangan di dalam gedung adalah 94%-98% dari kebutuhan air bersih gedung.

Kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan penggunaan alat plambing di gedung. Tiap alat plambing menggunakan sejumlah air dalam setiap penggunaannya. Misalkan untuk kloset tangki adalah sebesar 6 liter per *flush*, dan untuk urinoir adalah 3,8 liter per *flush*. Selain itu, dalam setiap jamnya diperkirakan tiap alat plambing digunakan sebanyak sejumlah pemakaian tertentu. Setelah itu bisa

didapatkan jumlah air yang dibutuhkan tiap jam untuk tiap alat plambing. Dalam perhitungan kebutuhan air juga terdapat faktor penggunaan serentak. Dalam tabel IV.3 ditampilkan perhitungan kebutuhan air.

Kebutuhan air yang didapatkan masih berupa liter/jam. Gedung direncanakan beroperasi selama 10 jam tiap harinya. Kebutuhan air tiap hari didapatkan dengan mengalikan 10 jam dan kebutuhan air liter/jam. Setelah itu didapatkan kebutuhan air liter/hari dan  $m^3$ /hari.

Setelah didapatkan kebutuhan air bisa dihitung debit air buangnya. Debit air buangan terbagi menjadi *greywater* dan *blackwater*. Kebutuhan air alat-alat plambing yang menghasilkan *greywater* adalah 115,33  $m^3$ /hari sedangkan untuk alat-alat plambing yang menghasilkan *blackwater* adalah 25  $m^3$ /hari. Debit air buangan didapatkan dengan mengalikan kebutuhan air dengan faktor air buangan sebesar 96% sehingga didapatkan debit *greywater* adalah 110,72  $m^3$ /hari dan *blackwater* sebesar 24  $m^3$ /hari.

Tabel IV.3 Perhitungan Kebutuhan Air

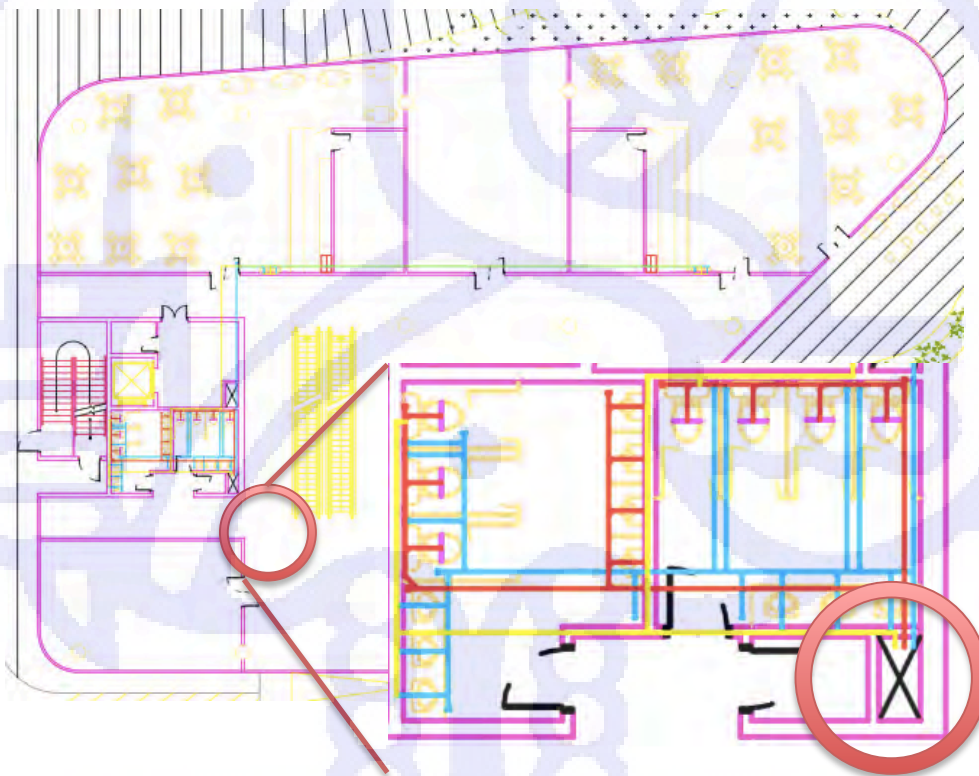
No	Alat plambing	Jumlah (unit)	Pemakaian (Liter)	Jumlah pemakaian per jam	Faktor pemakaian	Kebutuhan air (L/jam)
	<b>Basement 2</b>					
	-	-	-	-	-	-
	<b>Basement 1</b>					
1	Bak cuci tangan toilet	4	10	6	75%	180
2	Shower kecil	3	3	9	100%	81
3	Keran wudhu	4	10	12.8	75%	382.8
4	Urinoir (katup gelontor)	4	3.8	12	75%	136.8
5	Kloset tangki	3	6	9	100%	162
	<b>Gedung 1</b>					
1	Bak cuci tangan toilet	48	10	6	39%	1123.2
2	Shower kecil	40	3	9	39%	421.2
3	Bak cuci tangan <i>Café</i>	4	10	12	75%	360
4	Bak cuci dapur	11	15	9	55%	816.75
5	Keran wudhu	12	10	52.08	48%	2999.98
6	Urinoir (katup gelontor)	32	3.8	12	40%	583.68
7	Kloset tangki	40	6	9	39%	842.4
	<b>Gedung 2</b>					
1	Bak cuci tangan toilet	18	10	6	45%	486
2	Shower kecil	21	3	9	42%	238.14
3	Bak cuci tangan <i>Café</i>	4	10	12	75%	360
4	Bak cuci tangan <i>food court</i>	6	10	12	75%	540
5	Bak cuci dapur	11	15	9	55%	816.75
6	Keran wudhu	8	10	61.98	55%	2727.08
7	Urinoir (katup gelontor)	12	3.8	12	48%	262.66
8	Kloset tangki	21	6	9	45%	510.3
					Total	14040.73
						140.31 m <sup>3</sup> /hari

Tabel IV.4 Perhitungan Debit Air Buangan

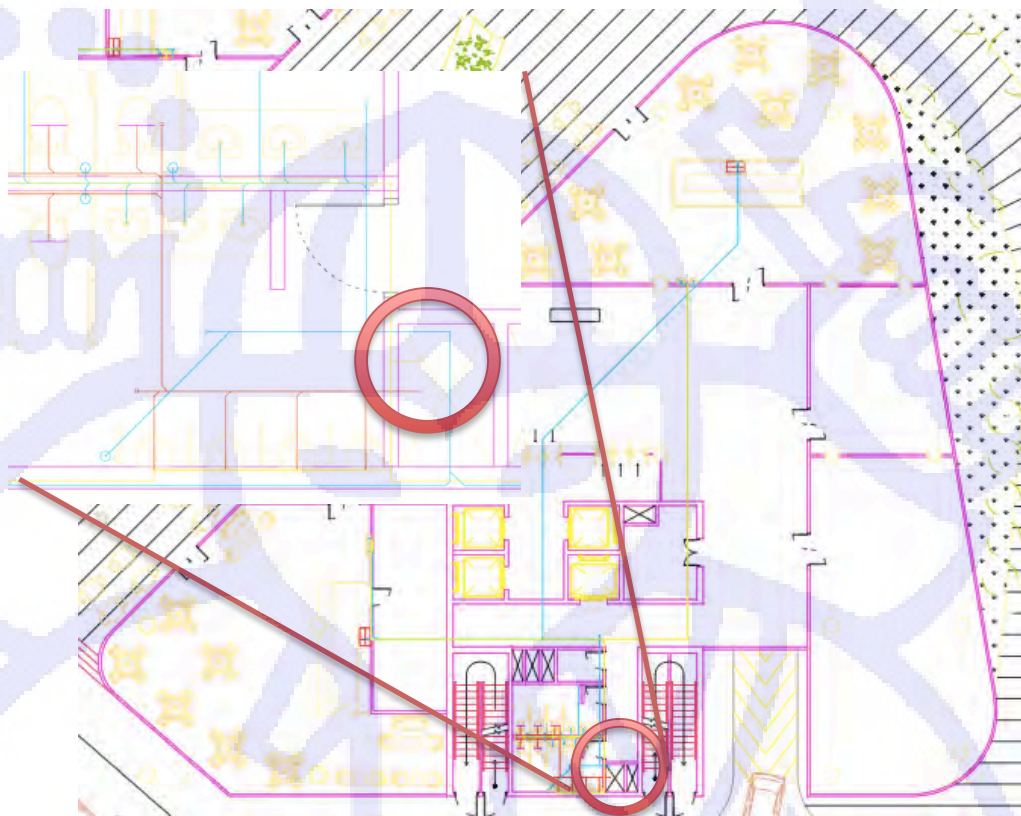
	Kebutuhan air (m <sup>3</sup> /hari)	Faktor	Debit Air Buangan (m <sup>3</sup> /hari)
Greywater	115,33	96%	110,72
Blackwater	25	96%	24

#### IV.1.2. Peletakan shaft pipa

Gedung kantor sewa di kawasan Kemang, Jakarta Selatan memiliki 2 buah bangunan. Tiap bangunan memiliki shaftnya masing-masing. Shaft tiap bangunan diletakkan di dekat toilet masing-masing gedung seperti yang ditunjukkan oleh gambar IV.3 dan IV.4. Kedua shaft kemudian dihubungkan dengan pipa pembuangan gedung yang berada di basement 2.



Gambar IV.3 Shaft Gedung Retail



Gambar IV.4 Shaft Gedung Kantor

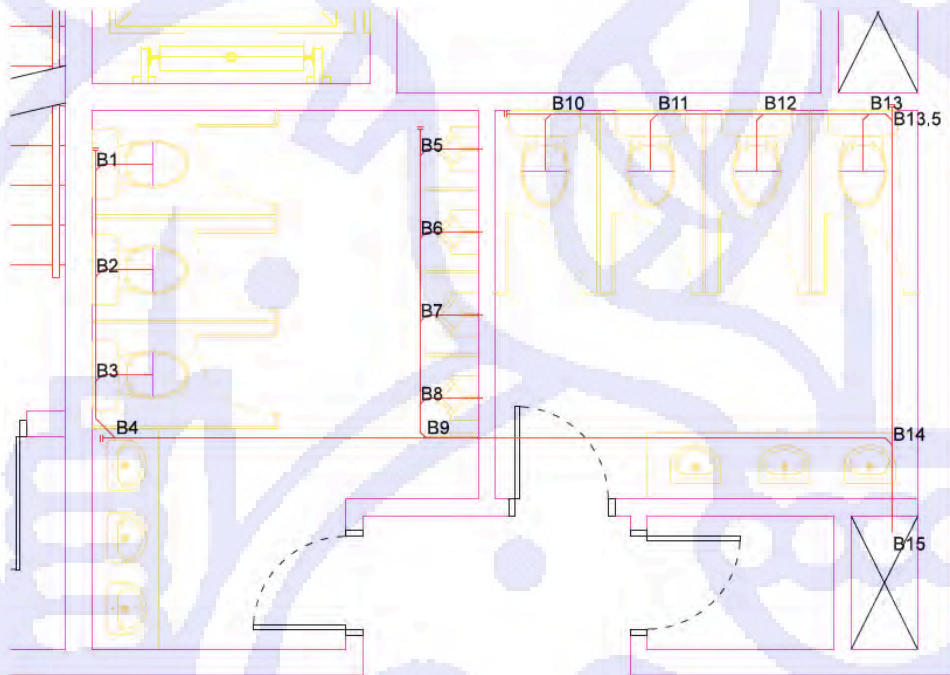
Shaft diletakkan di void di dekat toilet karena tempatnya yang memudahkan untuk pengecekan. Selain itu, shaft di dalam void di dekat toilet memungkinkan jarak terpendek pipa air buangan cabang mendatar.

#### **IV.1.3. Perhitungan dan perencanaan pipa air buangan cabang mendatar**

Pipa air buangan cabang mendatar adalah pipa yang mengumpulkan air buangan dari pipa-pipa pembuangan dari masing-masing alat plambing. Pipa cabang mendatar ini nantinya terhubung dengan pipa tegak air buangan yang mengumpulkan air buangan dari pipa-pipa cabang mendatar tiap lantai gedung. Pipa cabang mendatar didesain dengan pertimbangan jalur terpendek dan juga pertimbangan kemudahan pada saat pemeliharaan nantinya. Jalur terpendek diperlukan untuk meminimalkan biaya yang dibutuhkan untuk pipa dan juga untuk mengalirkan air buangan secepatnya. Pertimbangan lain adalah jarak antar lantai yang terbatas, sehingga pada jalur terpendek diharapkan pipa tidak

melewati jarak antar lantai yang tersedia akibat adanya kemiringan pipa sebesar 2%.

Diameter pipa air buangan ditentukan dengan berpedoman pada SNI 8153-2015. Diameter pipa bergantung pada jumlah unit alat plambing yang dilayani oleh suatu segmen pipa air buangan. Nilai unit alat plambing yang dilayani tiap segmen merupakan akumulasi dari unit-unit alat plambing dari segmen-segmen sebelumnya. Pada tabel IV.5 akan ditampilkan contoh perhitungan untuk pipa air buangan *blackwater* lantai dasar gedung retail, tepatnya di bagian toilet. Denah toilet gedung retail ditunjukkan oleh gambar IV.5.



Gambar IV.5 Denah Blackwater Toilet Gedung Retail

Segmen B1-B2 menerima air buangan dari sebuah kloset tangki. Kloset tangki memiliki UAP sebesar 4 menurut tabel III.2 pada bab III. Menurut tabel III.3 pada bab III, untuk UAP sebesar 4 pipa yang digunakan berukuran 2 inci. Namun kloset memiliki diameter perangkat sebesar 3 inci, sehingga ukuran pipa minimal yang dipasang pada segmen B1-B2 adalah 3 inci.

Segmen B2-B3 menerima air buangan dari 2 buah kloset tangki. Masing-masing tangki memiliki UAP 4, sehingga UAP yang ditangani oleh segmen B2-B3 adalah akumulasinya sebesar 8. Diameter pipa segmen tersebut adalah 3 inchi. Walaupun menurut tabel III.3 pada bab III UAP 8 masih boleh menggunakan pipa berdiameter 2 inchi, namun diameter pipa air buangan tidak boleh mengecil. Selain itu diameter perangkap kloset yang sebesar 3 inchi juga tidak memungkinkan pipa air buangan horizontal menjadi 2 inchi.

Untuk segmen B13-B14 UAP kumulatifnya adalah 12. Jika disesuaikan dengan penentuan sebelumnya, segmen ini seharusnya memiliki diameter 3 inchi. Namun menurut keterangan dari tabel III.3 pipa berukuran 3 inchi hanya boleh melayani kloset maksimal 3 buah. Oleh karena itu karena segmen B13-B14 melayani 4 kloset, diameter pipa harus dinaikkan menjadi 4 inchi.

Kemiringan pipa air buangan cabang mendatar dihitung untuk mendapatkan jarak vertikal titik akhir pipa cabang mendatar. Jarak vertikal pipa ini perlu dihitung untuk menentukan apakah pipa cabang mendatar masih berada di dalam jarak antar lantai atau melebihinya. Jika jarak vertikal pipa cabang mendatar ternyata melebihi jarak antar lantai, maka perlu dicari alternatif jalur lain.

Pada perhitungan jarak vertikal pipa cabang mendatar, kemiringan yang digunakan adalah 2%. Kemiringan 2% adalah kemiringan maksimal yang boleh digunakan untuk menjaga kecepatan aliran dalam pipa sebesar 0,6 – 1,2 m/s. Jika kemiringan lebih dari 2% dapat terjadi efek sifon yang menarik air dari perangkap alat plambing. Kemiringan 2% digunakan dalam perhitungan ini untuk menunjukkan jarak vertikal maksimum pipa cabang mendatar. Dalam pemasangan sesungguhnya, kemiringan dapat dibuat kurang dari 2%.

Setelah dihitung, jarak vertikal pipa cabang mendatar di titik ujung B15 adalah 13,64 cm. Jarak antar lantai gedung adalah 99 cm, sehingga jarak vertikal terbesar pipa cabang mendatar masih berada di dalam ruang antar lantai gedung.

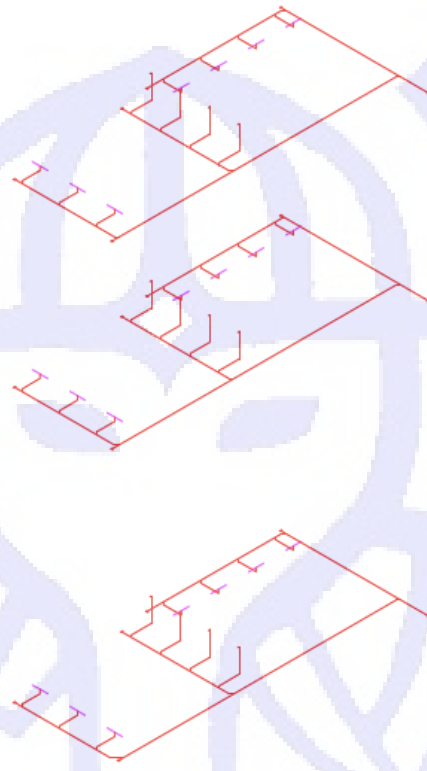
Tabel IV.5 Penentuan Diameter Pipa

Segmen	Alat plambing	UAP	UAP kumulatif	D perangkap (inch)	D pipa ubap (inch)
B1-B2	Kloset Tangki	4	4	3	3
B2-B3	Kloset Tangki	4	8	3	3
B3-B4	Kloset Tangki	4	12	3	3
B4-B9			12		3
B5-B6	Urinoir	2	2	2	2
B6-B7	Urinoir	2	4	2	2
B7-B8	Urinoir	2	6	2	2
B8-B9	Urinoir	2	8	2	2
B9-B14			20		3
B10-B11	Kloset Tangki	4	4	3	3
B11-B12	Kloset Tangki	4	8	3	3
B12-B13	Kloset Tangki	4	12	3	3
B13-B13.5	Kloset Tangki	4	16	3	4
B13.5-B14			16		4
B14-B15			36		4

#### IV.1.4. Perhitungan dan perencanaan pipa tegak air buangan

Air buangan dari pipa cabang mendatar masuk ke pipa tegak air buangan untuk selanjutnya masuk ke pipa air buangan gedung. Pada Gedung Kantor Sewa di Kawasan Kemang terdapat dua buah gedung yang masing-masing memiliki shaft-nya masing-masing. Pipa tegak air buangan tiap gedung diletakkan di dalam shaft tersebut yang berada di dekat toilet masing-masing gedung. Kedua pipa tegak tersebut kemudian tersambung ke pipa buangan gedung yang berada di lantai basement 2.

Diameter pipa tegak air buangan ditentukan menggunakan tabel III.3 pada bab III yang didasarkan pada jumlah UAP alat-alat plambing yang dilayaninya. Berikut ini akan diberikan contoh penentuan diameter pipa tegak air buangan untuk *blackwater* pada gedung retail. Pipa air buangan *blackwater* gedung retail sendiri ditunjukkan oleh gambar IV.6.



Gambar IV.6 Pipa *Blackwater* Gedung Retail

Pipa tegak air buangan *blackwater* gedung retail mengumpulkan *blackwater* dari pipa buangan cabang mendatar di lantai 1, 2, dan 3. Sebelum menentukan diameter pipa tegak air buangan, terlebih dahulu dihitung jumlah UAP tiap lantai. Pada gedung retail, UAP tiap lantai untuk *blackwater* adalah 36 UAP. Pipa tegak yang berawal dari lantai 3 dan berakhir di lantai 2 melayani lantai 3. Pipa tegak yang berawal dari lantai 2 dan berakhir di lantai 1 melayani lantai 3 dan 2. UAP untuk pipa tegak lantai 3-2 adalah 36, sedangkan untuk pipa lantai 2-1 adalah 72 karena merupakan akumulasi dari lantai sebelumnya. Begitu juga untuk pipa lantai 1 hingga pipa buangan gedung, UAPnya adalah 108. Mengacu pada tabel III.3 untuk pipa tegak dengan UAP maksimal 256, diameternya adalah 4 inchi.

Selain itu pipa tegak air buangan juga memiliki persyaratan berupa panjang maksimum pipa tegak air buangan. Oleh karena itu harus diperhitungkan ketinggian pipa apakah memenuhi persyaratan tersebut atau tidak.

Tabel IV.6 Penentuan Diameter Pipa Tegak *Blackwater* Gedung Retail

Lantai	UBAP	UBAP kumulatif	Panjang	Diameter Pipa Tegak
3-2	36	36	3.84	4
2-1	36	72	3.84	4
1-BG	36	108	10.17	4
Panjang total			17.85	

#### IV.1.5. Perhitungan dan perencanaan pipa air buangan gedung, riol gedung dan pompa air limbah

Pipa air buangan gedung digunakan untuk mengumpulkan air buangan dari pipa tegak air buangan untuk selanjutnya mengalirkannya ke instalasi pengolah air buangan, baik *greywater* maupun *blackwater*. Pipa ini diletakkan pada basement 2 gedung. Dimensi pipa air buangan gedung ditentukan dengan cara yang sama dengan penentuan pipa air buangan cabang mendatar. UBAP yang digunakan untuk menentukan dimensinya adalah jumlah total UBAP dari tiap gedung.

UBAP total *greywater* gedung retail adalah 114 sehingga pipa air buangan gedung yang berawal di gedung retail memiliki diameter 4 inchi. UBAP total *greywater* gedung kantor adalah 228 sehingga diameter pipa air buangan gedungnya juga 4 inchi. Jika kedua pipa dari kedua gedung ini bergabung, UBAP totalnya menjadi 342 sehingga diameter pipa yang diperlukan adalah 5 inchi. Dengan jarak antara titik terjauh pipa buangan gedung dengan IPAL adalah 50 meter, dengan kemiringan pipa 2% akan didapat beda ketinggian sebesar 1 m. Padahal basement 2 memiliki ketinggian sebesar 3,84 m sehingga sisa ruang kosong pada basement 2 adalah 2,84 m dan ini dirassa kurang. Oleh karena itu untuk pipa buangan gedung dirancang dengan kemiringan 1% sehingga nantinya beda ketinggian adalah 50 cm dan ruangan basement 2 masih cukup lega.

Air buangan *blackwater* yang telah terolah di IPAL akan disalurkan menuju saluran drainase. Untuk menyalurkan air yang telah terolah ini diperlukan pompa untuk mengangkat setinggi 8,5 m. Pemilihan debit pompa yang digunakan dihitung dengan menggunakan UAP yaitu dengan persamaan:

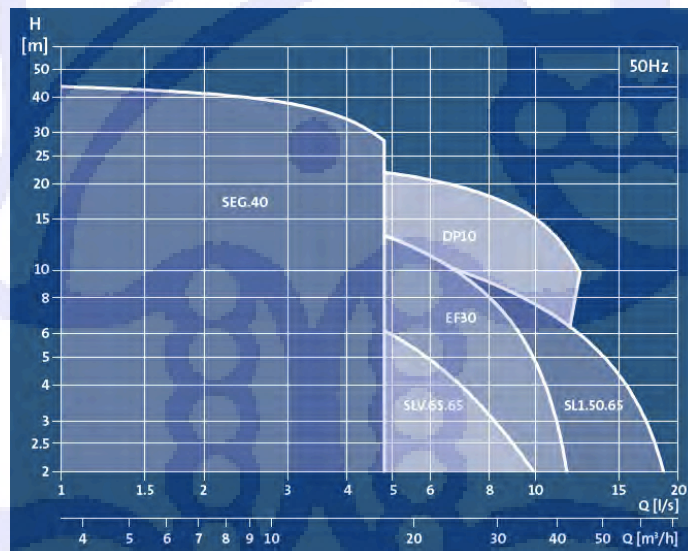
$$q \left( \frac{\text{liter}}{\text{menit}} \right) = \frac{3}{2} \times UAP$$

UAP total untuk pipa *blackwater* adalah 306 sehingga didapatkan debit pompa sebesar 459 liter/menit. Pipa yang menyalurkan air buangan dari pompa menuju saluran drainase kota disebut pipa riol gedung. Penentuan ukuran pipa ini sama dengan penentuan pipa horizontal lain yaitu dengan UAP. Dengan UAP sebesar 306, maka ukuran pipa yang digunakan adalah 5 inch. *Headloss* pipa dihitung dengan persamaan Hazen-Williams.

$$Q(m^3/s) = 0,2785 c D(m)^{2.63} \left( \frac{hl}{L(m)} \right)^{0.54}$$

dengan debit 459 liter/menit, koefisien Hazen-Williams untuk bahan PVC sebesar 150, diameter pipa 5 inch, dan panjang pipa 8,5 m didapat headloss sebesar 0,15 m. Sehingga head total yang dibutuhkan adalah 8,5 m + 0,15 m = 8,65 m.

Pompa yang akan digunakan adalah pompa *submersible* dengan merk Grundfos. Grundfos memiliki beberapa pilihan pompa air limbah yang dapat disesuaikan untuk kondisi debit dan head yang diperlukan. Kurva pompa-pompa *submersible* yang dimiliki Grundfos ditampilkan oleh gambar IV.7.



Gambar IV.7 Kurva pompa grundfos (Grundfos, 2015)

Dengan head yang dibutuhkan adalah 8,65 m dan debit pompa 459 liter/menit atau 7,65 liter/detik, maka pompa yang dipilih adalah pompa Grundfos SL1.50.65.

## **IV.2. Sistem Ven**

### **IV.2.1. Konsep perencanaan sistem ven secara umum**

Ven yang direncanakan pada gedung terdiri dari ven cabang dan pipa tegak ven. Ven cabang adalah pipa ven yang melayani alat-alat plambing. Ven cabang ini dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu pipa ven pelayanan serta pipa ven horizontal. Pipa tegak ven adalah pipa ven yang mengalirkan udara ke tiap-tiap pipa ven cabang di tiap lantai.

Sistem ven yang digunakan di gedung ini menggunakan sistem ven sirkuit dan individual. Ven sirkuit digunakan pada alat-alat plambing seperti kloset tangki dan floor drain, sedangkan ven individual digunakan pada alat-alat plambing seperti lavatory, kitchen sink, bar sink, dan urinoir. Tidak setiap alat plambing diberi ven individual untuk meminimalkan biaya.

Pada gedung kantor di Kemang ini terdapat alat plambing yang menerima air buangan yang dapat menghasilkan busa seperti *lavatory* dan *kitchen sink*. Adanya busa ini dapat menyebabkan kerusakan pada pipa air buangan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu pipa vent untuk melepaskan busa ini. Pipa ven pelepas busa diletakkan di pipa air buangan gedung yang merupakan tempat berkumpulnya air buangan dari pipa tegak air buangan.

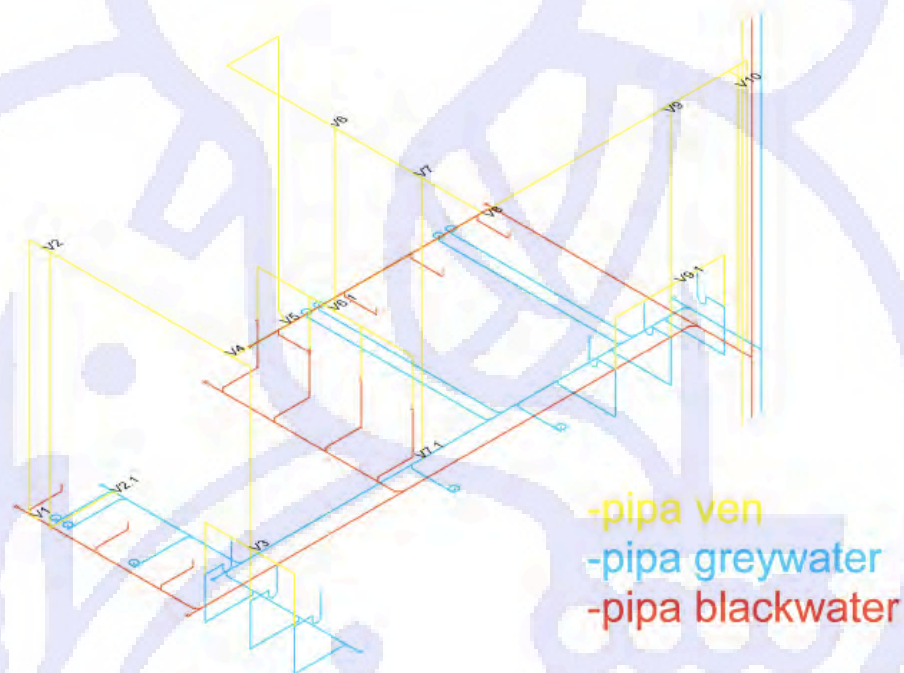
### **IV.2.2. Perhitungan dan perencanaan ven cabang**

Tiap alat plambing, baik yang menghasilkan *greywater* maupun *blackwater* terhubung ke jaringan pipa ven cabang yang sama. Pipa ven sirkuit diletakkan di pipa air buangan diantara dua alat plambing paling jauh. Sistem ven sirkuit juga membutuhkan *relief ven* yang dihubungkan ke pipa air buangan sebelum pipa air buangan tersebut terhubung ke pipa tegak air buangan. Pipa ven sirkuit ini mampu menangani 8 alat plambing. Jika jumlah alat plambing lebih dari 8, maka dibutuhkan pipa ven sirkuit tambahan.

Pada lantai dasar gedung kantor terdapat *bar sink* yang berada di tengah ruangan. Posisi *bar sink* ini tidak memungkinkan untuk dipasang sebuah pipa ven karena akan mengurangi nilai estetis ruangan jika ada sebuah pipa yang berada di tengah

ruangan. Hal ini diperkuat oleh UPC IAPMO bagian 902.2 yang menyatakan bahwa jika ada perangkat yang melayani alat plambing bar, tidak perlu diberi ven jika kondisi tidak memungkinkan untuk dipasang ven.

Dimensi pipa ven ditentukan dengan jumlah unit alat plambing yang dilayani oleh pipa ven yang bersangkutan sesuai dengan SNI 8153-2015. Dalam penentuan dimensi pipa ven juga diperhatikan panjang pipa ven. Pada tabel IV.7 akan ditampilkan penentuan dimensi pipa ven untuk lantai 2 retail yang ditunjukkan oleh gambar IV.7.



Gambar IV.8 Jalur Pipa Lantai 2 Retail

Segmen V1-V2 merupakan pipa ven sirkuit untuk pipa *blackwater* yang melayani 3 buah kloset yang masing-masing memiliki 4 UAP, sehingga segmen V1-V2 melayani 12 UAP. Berdasarkan tabel 3.5, pipa yang melayani maksimum 24 UAP ditentukan dimensinya sebesar 2 inci.

Segmen V2-V4 melayani 2 buah pipa ven, yaitu pipa ven V1-V2 dan V2.1-V2. Pipa ven V2-V4 melayani total 18 UAP, sehingga dimensinya adalah 2 inci.

Alat plambing *lavatory* dan *urinoir* dilengkapi dengan pipa ven individu yang kemudian dikumpulkan untuk menghemat biaya perpipaan. Pipa ven individu untuk *lavatory* memiliki dimensi  $1\frac{1}{4}$  inchi karena tiap *lavatory* memiliki 1 UAP, sedangkan untuk *urinoir* ditentukan dimensinya sebesar  $1\frac{1}{2}$  inchi karena tiap *urinoir* memiliki 2 UAP. Pipa ven yang melayani gabungan pipa ven individual, misalkan segmen V3-V4 berdimensi sesuai total UAP yang dilayaninya. Segmen V3-V4 melayani total 3 UAP sehingga memiliki dimensi  $1\frac{1}{2}$  inchi, sedangkan segmen V6.1-V6 melayani total 8 UAP sehingga berdimensi  $1\frac{1}{2}$  inchi.

Untuk pipa ven *relief* ditentukan ukurannya sebesar  $\frac{1}{2}$  kali ukuran pipa air buangan. Untuk pipa ven *relief greywater* ditentukan ukurannya sebesar  $1\frac{1}{2}$  inchi karena pipa air buangan yang dilayaninya sebesar 3 inchi. Untuk pipa ven *relief blackwater* ditentukan ukurannya sebesar 2 inchi karena pipa air buangan yang dilayaninya sebesar 4 inchi.

Pipa ven pelepas busa disambungkan dengan pipa buangan gedung. Ukuran pipa ven pelepas busa adalah  $\frac{3}{4}$  kali ukuran pipa buangan gedung dan tidak boleh kurang dari 2 inchi. Pipa buangan gedung untuk gedung retail berukuran 4 inchi dan untuk gedung kantor berukuran 5 inchi. Maka ukuran pipa ven pelepas busa untuk pipa buangan gedung dari gedung retail adalah 3 inchi dan untuk pipa buangan gedung dari gedung kantor adalah 3,75 inchi. Namun karena di pasaran tidak ada pipa berukuran 3,75 inchi, maka pipa ven pelepas busa untuk pipa buangan gedung dari gedung kantor adalah 4 inchi.

Tabel IV.7 Penentuan Dimensi Pipa Ven Lantai 2 Retail

Segmen	Alat Plumbing	UAP	UAP Total	Panjang Segmen (m)	Ukuran Pipa (inch)
V1-V2	Kloset tangki	4	12	3.23	2
	Kloset tangki	4			
	Kloset tangki	4			
V2.1-V2	Floor drain	2	6	3.74	1.5
	Floor drain	2			
	Floor drain	2			
V2-V4			18	2.21	2
V3-V4	Lavatory	1	3	3.2	1.5
	Lavatory	1			
	Lavatory	1			
V4-V8			21	3.02	2
V5-V6	Kloset tangki	4	16	4.95	2
	Kloset tangki	4			
	Kloset tangki	4			
	Kloset tangki	4			
V6.1-V6	Urinoir	2	8	3.8	1.5
	Urinoir	2			
	Urinoir	2			
	Urinoir	2			
V6-V7			24	1.04	2
V7.1-V7	Floor drain	2	8	2.95	1.5
	Floor drain	2			
	Floor drain	2			
	Floor drain	2			
V7-V8			32	0.74	2.5
V8-V9			53	2.28	3
V9.1-V9	Lavatory	1	3	3.2	1.5
	Lavatory	1			
	Lavatory	1			
V9-V10			56	0.87	3

#### IV.2.3. Perhitungan dan perencanaan pipa tegak ven

Pipa tegak ven diletakkan di *shaft* yang sama dengan pipa tegak air buangan. Penentuan dimensinya sama dengan penentuan dimensi pipa ven cabang, yaitu dengan unit alat plumbing yang dilayaninya. Pipa tegak ven yang berada di lantai

paling atas akan melayani pipa-pipa ven yang ada di lantai di bawahnya sehingga akan memiliki dimensi yang lebih besar dibanding pipa tegak ven yang berada di lantai 1, karena pipa tegak ven mengambil udara dari atas dan menyalurkannya ke bawah.

Untuk pipa tegak ven yang melayani lantai 1 retail, total UAP yang dilayaninya adalah 64 sehingga diameternya adalah 3 inchi. Untuk pipa tegak ven yang berada di lantai 2, akan melayani pipa ven di lantai 2 dan lantai 1. Total UAP untuk pipa tegak ven di lantai 2 adalah 120 sehingga diameternya sebesar 4 inchi. Penentuan dimensi pipa tegak ven untuk gedung retail ditunjukkan oleh tabel IV.8.

Tabel IV.8 Penentuan Dimensi Pipa Tegak Ven Gedung Retail

Lantai	UAP	UAP kumulatif	Panjang (m)	Diameter Pipa Tegak (inch)
1	64	64	5.82	3
2	56	120	3.84	4
3	86	206	3.84	4
4	4	210	3.84	4

### IV.3. Sistem Drainase

#### IV.3.1. Analisis curah hujan

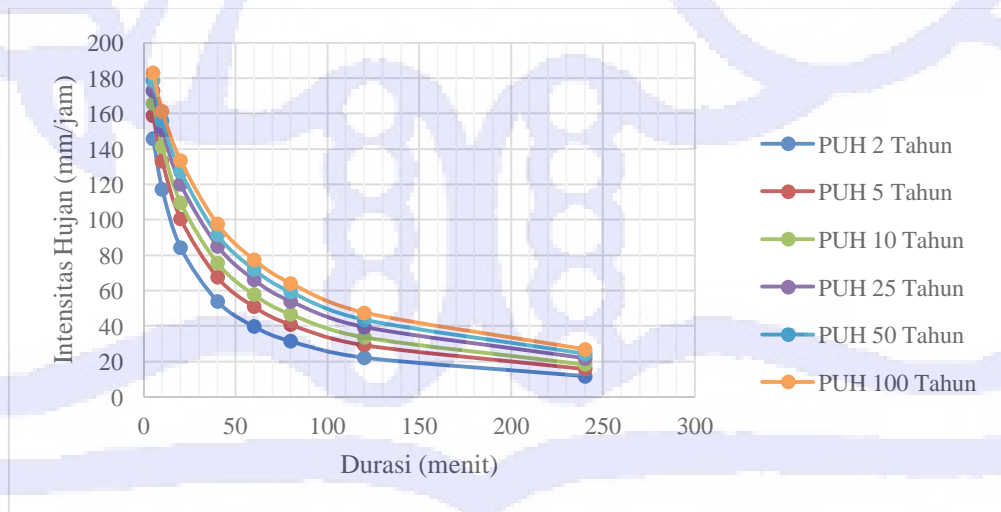
Sebelum melakukan desain sistem drainase air hujan, data curah hujan yang dimiliki harus diolah terlebih dahulu. Pengolahan data curah hujan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kurva IDF yang berisi intensitas hujan tertentu untuk durasi hujan tertentu pada periode ulang hujan (PUH) tertentu. Untuk mendapatkan curah hujan harian maksimum pada periode ulang hujan tertentu digunakan metode gumbel murni. Untuk mendapatkan intensitas hujan pada PUH dan durasi hujan tertentu digunakan metode Van Breen – Talbot. Data curah hujan ditunjukkan oleh tabel IV.9, sedangkan hasil analisis curah hujan dengan metode Van Breen – Talbot ditunjukkan oleh tabel IV.10 dan ditampilkan secara visual oleh gambar IV.8.

Tabel IV.9 Data Curah Hujan, (BMKG Jakarta)

Tahun	Curah Hujan Bulan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2005	90	41	99	31	69	73	105	68	50	46	64	37
2006	46	61	57	79	28	41	48	6	0.2	5	32	55
2007	77	340	33	53	63	28	0.3	29	121	48	61	105
2008	98	209	71	43	72	58	9	43	32	10	70	28
2009	59	114	69	47	45	19	9	27	21	63	102	52
2010	61	60	30	59	40	48	90	64	109	104	37	25
2011	30	27	22	62	23	38	27	0	40	14	17	28
2012	49	70	29	74	59	43	7	9	5	20	64	80
2013	94	40	33	80	67	21	78	56	17	59	71	96
2014	82	120	25	51	58	76	46	69	20	13	59	36

Tabel IV.10 Hasil analisis curah hujan metode Van Breen-Talbot

Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) dengan PUH					
	2	5	10	25	50	100
5	146	159	165	173	178	183
10	117	133	141	151	156	161
20	84	100	110	120	127	133
40	54	68	76	85	91	98
60	40	51	58	66	72	77
80	31	41	47	54	59	64
120	22	29	34	39	44	48
240	12	16	18	22	24	27

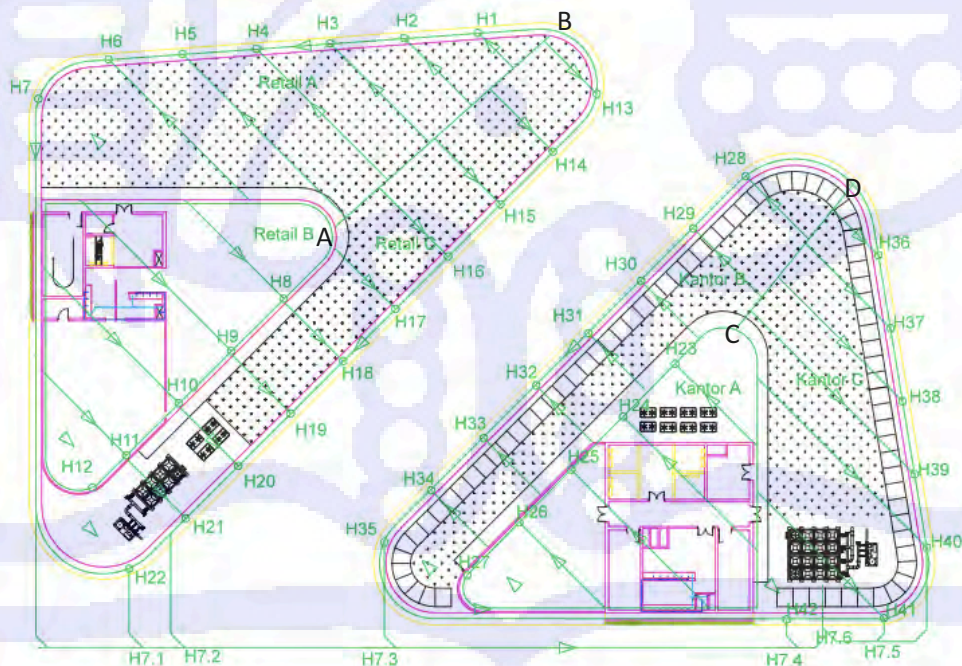


Gambar IV.9 Kurva IDF

### IV.3.2. Perencanaan sistem drainase atap

Drainase gedung dirancang terbagi menjadi drainase atap dan drainase lingkungan/halaman gedung. Umumnya air hujan akan dialirkan dengan drainase gedung menuju saluran drainase kota. Namun gedung kantor sewa yang menjadi objek desain direncanakan untuk menggunakan air hujan sebagai salah satu sumber airnya, sehingga air hujan akan dialirkan oleh drainase menuju tangki air hujan yang selanjutnya diolah bersama *greywater* di IPAL *greywater*.

Gedung ini memiliki bentuk atap yang datar dengan kemiringan sekitar 0,5%. Atap gedung dirancang dengan bagian tertinggi atap pada belahan tengah A-B dan C-D seperti ditunjukkan pada gambar IV.10. Dengan kemiringan ini akan terdapat beda ketinggian sekitar 10 cm antara belahan tengah atap dan titik keliling terjauh atap dari belahan atap. Dengan belahan atap seperti yang ditunjukkan oleh gambar IV.10, maka drainase atap didesain dengan *gutter* dan *roof drain* di sepanjang perimeter atap. Air hujan yang jatuh di atap gedung akan mengalir menuju *gutter* dan selanjutnya masuk ke *roof drain*. Air yang masuk ke *roof drain* dialirkan menuju tangki air hujan dengan pipa. *Roof drain* dipasang di atap dengan jarak tiap *roof drain* adalah 6 meter. Tangki air hujan berada di basement 2 di basement gedung kantor.



Gambar IV.10 Jaringan Drainase Air Hujan Atap

### IV.3.3. Perhitungan sistem drainase atap

Dimensi saluran drainase ditentukan berdasarkan intensitas curah hujan yang jatuh di daerah tangkapan air hujan serta luas tangkapan air hujan sesuai dengan SNI 8153-2015. Intensitas curah hujan ditentukan berdasarkan waktu durasi hujan. Waktu durasi hujan terdiri dari waktu mengalir, waktu mengalir dalam saluran, waktu konsentrasi, dan waktu kritis. Waktu kritis didapat dengan persamaan:

$$t_e = \frac{CHHM^{1,92}}{1,11 \times CHHM}$$

Curah hujan harian maksimum berdasarkan metode Gumbel Murni untuk periode ulang hujan (PUH) 5 tahun adalah 69,9 mm/hari sehingga waktu kritis adalah  $t_e = \frac{69,9^{1,92}}{1,11 \times 69,9} = 44,83 \text{ menit}$ . PUH 5 tahun digunakan untuk merancang saluran drainase pada gedung ini berdasarkan beberapa pertimbangan. Pertama adalah, dengan mempertimbangkan risiko ketika gedung ini terkena banjir maka dapat digunakan PUH 5 tahun. Berdasarkan tabel III.10, untuk daerah dengan luas area <5 ha dengan risiko besar, digunakan PUH 5 tahun.

Selanjutnya dicari luas daerah tangkapan yang dilayani oleh masing-masing *roof drain*. Selain luas daerah tangkapan, diukur juga jarak terjauh aliran air dari suatu titik di atap menuju *roof drain*. Jarak terjauh ini nantinya digunakan untuk menghitung waktu mengalir. Ambil contoh untuk *roof drain* H5 memiliki jarak aliran air terjauh yaitu 21 m dan melayani daerah tangkapan seluas 79,3 m<sup>2</sup>. Waktu mengalir didapatkan dengan persamaan:

$$t_o(\text{menit}) = \frac{0,14465 \times L_o(m)}{S_o^{0,2} \times A (m^2)^{0,1}}$$

Atap gedung merupakan atap yang datar dengan kemiringan yang diasumsikan sebesar 0,5%, sehingga waktu mengalir ( $t_o$ ) untuk *roof drain* H5 adalah:

$$t_o = \frac{0,14465 \times 21}{0,5^{0,2} \times 79,3^{0,1}} = 5,66 \text{ menit}$$

Setelah mendapatkan waktu mengalir, dicari waktu mengalir air hujan di dalam pipa. Air hujan yang memasuki *roof drain* H5 akan diteruskan menuju pipa H5-H6. Panjang pipa H5-H6 adalah 6 m, sesuai jarak antar *roof drain*. Pipa H5-H6 ini selain mendapatkan air hujan dari *roof drain* H5 juga mendapatkan air hujan dari segmen pipa sebelumnya yaitu H1-H5, sehingga pipa H5-H6 melayani daerah tangkapan dengan luas total sebesar 230,4 m<sup>2</sup>. Waktu mengalir dalam pipa dicari dengan membagi panjang pipa dengan kecepatan air dalam pipa. Kecepatan air dalam pipa diasumsikan sebesar 1,9 m/s, sehingga waktu mengalir yang didapatkan adalah 3,2 detik atau sekitar 0,05 menit.

Untuk mendapatkan intensitas hujan yang digunakan dalam penentuan dimensi saluran drainase air hujan, dibandingkan antara waktu konsentrasi dan waktu kritis. Jika waktu konsentrasi > waktu kritis, maka waktu konsentrasi digunakan untuk menentukan intensitas hujan yang digunakan. Namun jika waktu kritis > waktu konsentrasi, maka waktu konsentrasilah yang digunakan. Waktu konsentrasi didapat dengan menambahkan waktu mengalir dan waktu mengalir. Untuk segmen pipa H5-H6, waktu konsentrasinya adalah 5,66 menit + 0,05 menit = 5,71 menit. Karena waktu konsentrasi < waktu kritis, maka waktu kritis yang digunakan untuk menentukan intensitas hujan.

Intensitas hujan berdasarkan waktu kritis 44,83 menit adalah 60 mm/jam berdasarkan kurva IDF pada gambar IV.8 untuk PUH 5 tahun. Pada tabel penentuan dimensi pipa air hujan tidak terdapat luas daerah tangkapan maksimal untuk intensitas hujan 60 mm/jam. Oleh karena itu harus dicari luas daerah tangkapan maksimal untuk intensitas hujan 60 mm/jam. Caranya adalah dengan membagi luas maksimal daerah tangkapan untuk intensitas hujan 25,4 mm/jam dengan pembagian antara intensitas hujan 60 mm/jam dan 25,4 mm/jam.

$$\begin{aligned} & \text{Luas daerah tangkapan untuk intensitas hujan yang diinginkan} \\ & = \frac{\text{Luas daerah tangkapan intensitas 25,4 mm/jam}}{\text{intensitas yang diinginkan} \left( \frac{\text{mm}}{\text{jam}} \right) / 25,4 \text{ mm/jam}} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan luas daerah tangkapan maksimal untuk penentuan dimensi pipa air hujan horizontal dan tegak yang tercantum pada tabel IV.11 dan IV.12.

Tabel IV.11 Penentuan dimensi pipa air hujan horizontal (slope 2%)

Ukuran (inch)	Luas Maksimum untuk Intensitas (m <sup>2</sup> )	
	25.4 mm/jam	60 mm/jam
3	431	182,46
4	985	416,98
5	1.754	742,53
6	2.806	1.187,87
8	6.057	2.564,13
10	10.851	4.593,59
12	17.465	7.393,52
15	31.214	13.213,93

Tabel IV.12 Penentuan dimensi pipa air hujan vertikal dan *roof drain*

Ukuran (inch)	Luas Maksimum untuk Intensitas (m <sup>2</sup> )	
	25.4 mm/jam	60 mm/jam
2	268	113,45
3	818	346,29
4	1.709	723,48
5	3.214	1.360,59
6	5.017	2.123,86
8	10.776	4.561,84

Setelah didapatkan luas maksimum daerah tangkapan untuk intensitas yang diinginkan, dapat dicari dimensi saluran air hujan. Untuk *roof drain* H5 memiliki luas daerah tangkapan yang dilayani sebesar 79,3 m<sup>2</sup> sehingga ukuran *roof drain* dan pipa vertikalnya sebesar 2 inchi. Untuk pipa H5-H6 yang merupakan pipa horizontal dengan slope 2% melayani daerah tangkapan seluas 230,4 m<sup>2</sup>, sehingga dimensi pipanya adalah 4 inchi. Contoh penentuan dimensi sistem drainase atap ditunjukkan oleh tabel IV.13.

Dalam penentuan luas daerah tangkapan air hujan harus diperhatikan luas dinding jika ada. Luas dinding yang dimasukkan dalam luas daerah tangkapan adalah  $\frac{1}{2}$

kali luas dinding karena dinding pada atap gedung kantor ini tidak bertemu membentuk sudut. Ambil contoh *roof drain* H7. Luas atap yang dilayaninya adalah 135,7 m<sup>2</sup>. *Roof drain* H7 juga menerima air hujan yang jatuh mengenai segmen dinding. Segmen dinding tersebut memiliki tinggi 3,96 meter dan panjangnya 8,4 meter sehingga luas dinding yang dimasukkan dalam daerah layanan *roof drain* H7 adalah  $\frac{1}{2} \times 3,96 \times 8,4 = 16,6$  m<sup>2</sup>. Maka luas total daerah layanan *roof drain* H7 adalah  $135,7 \text{ m}^2 + 16,6 \text{ m}^2 = 152,3 \text{ m}^2$ .

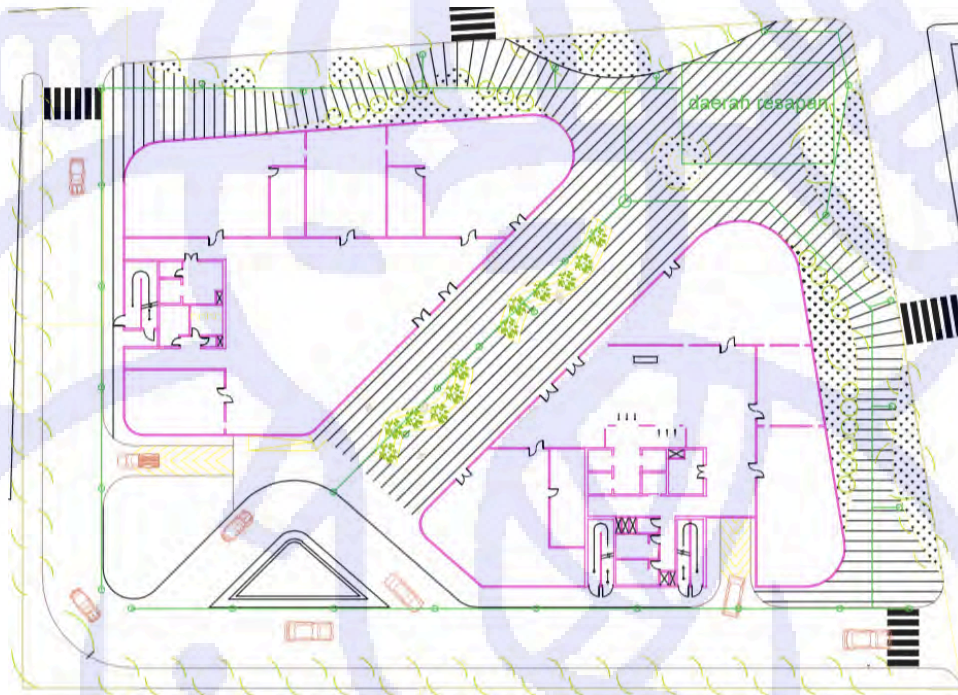
Tabel IV.13 Penentuan dimensi sistem drainase atap

Zona	Pipa	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas total (m <sup>2</sup> )	So	Lo (m)	to (menit)	L pipa (m)	V (m/s)	tf (menit)	tc (menit)	tcd (menit)	Intensi tas (mm/jam)	D (inch)
Retail A	H1	13.1		0.50%	6.2	2.00					44.83	60	2
	H1-H2		13.1				6	1.9	0.05	2.05	44.83	60	3
	H2	29.4		0.50%	10	2.98					44.83	60	2
	H2-H3		42.5				6	1.9	0.05	3.03	44.83	60	3
	H3	45.9		0.50%	13.6	3.87					44.83	60	2
	H3-H4		88.4				6	1.9	0.05	3.92	44.83	60	3
	H4	62.7		0.50%	17.4	4.80					44.83	60	2
	H4-H5		151.1				6	1.9	0.05	4.85	44.83	60	3
	H5	79.3		0.50%	21	5.66					44.83	60	2
	H5-H6		230.4				6	1.9	0.05	5.71	44.83	60	4
	H6	85.9		0.50%	24.6	6.58					44.83	60	2
	H6-H7		316.3				6.9	1.9	0.06	6.64	44.83	60	4
	H7	152.3		0.50%	22.6	5.71					44.83	60	2
	H7-H7.1		468.7				52.6	1.9	0.46	6.17	44.83	60	5

#### IV.3.4. Perencanaan sistem drainase halaman gedung

Air hujan yang jatuh di halaman gedung akan masuk menuju titik-titik *drain* yang terhubung dengan pipa drainase air hujan. Jaringan pipa drainase halaman ditampilkan oleh gambar IV.10. Pipa drainase air hujan didesain dengan kemiringan 1% agar penggalian pipa tidak terlalu dalam walaupun dimensi pipa nantinya akan lebih besar dibanding jika menggunakan kemiringan >1%. Jalur pipa drainase air hujan halaman ditunjukkan oleh gambar 4.9. Air hujan yang

telah masuk ke dalam pipa kemudian dialirkan menuju daerah resapan air. Overflow dari daerah resapan akan dialirkan menuju tangki penampungan air hujan.



Gambar IV.11 Jaringan Pipa Drainase Air Hujan Halaman

Daerah resapan air menggunakan sistem *subsurface*, yaitu daerah resapan air yang berada di bawah permukaan tanah. Sistem *subsurface* dipilih karena terbatasnya lahan yang tersedia. Sistem *subsurface* sendiri ada beberapa macam, dan yang dipilih adalah *stormwater chamber*. Dibanding sistem resapan air *subsurface* lainnya, *stormwater chamber* mampu meresapkan volume air hujan yang lebih banyak dengan luas area yang lebih sedikit.

#### IV.3.5. Perhitungan sistem drainase halaman gedung

Seperti dimensi saluran drainase atap, dimensi saluran drainase halaman ditentukan berdasarkan SNI 8153-2015 yaitu dengan memperhatikan intensitas curah hujan yang jatuh di daerah tangkapan air hujan dan luas daerah tangkapan air hujan yang dilayani oleh pipa.

Dalam perhitungan daerah resapan air ada beberapa hal yang harus diperhitungkan, yaitu luas daerah tangkapan air hujan, debit keluaran daerah resapan, volume daerah resapan, kedalaman daerah resapan, jumlah *stormwater chamber*.

Debit keluaran daerah resapan air dihitung dengan persamaan:

$$Q \text{ discharge} = Cd A (2gh)^{0,5}$$

Cd adalah koefisien discharge dari orifice yang besarnya adalah 0,61. A adalah luas penampang orifice. Dengan diameter orifice diasumsikan sebesar 2 inchi, maka luas penampangnya adalah 12,57 inch<sup>2</sup> atau 0,0873 ft<sup>2</sup>. H adalah head yang besarnya diasumsikan 3 ft. g adalah percepatan gravitasi yang besarnya 32,2 ft/s<sup>2</sup>. Maka Q discharge adalah:

$$Q \text{ discharge} = 0,61 \times 0,0873 \text{ ft}^2 \times \sqrt{2 \times 32,2 \text{ ft/s}^2 \times 3 \text{ ft}} = 0,74 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Setelah itu dihitung volume daerah resapan air yang dibutuhkan dengan persamaan:

$$Vol = \left( \frac{0,19 \times CRw \times A}{t + 15} - 40 \times Q \text{ discharge} \right) \times t$$

CRw adalah *weighted* koefisien runoff yang besarnya 0,653. A adalah luas daerah tangkapan air sebesar 3.418,77 m<sup>2</sup> atau 36.799,33 ft<sup>3</sup>. T adalah durasi hujan dengan PUH 5 tahunan yang besarnya 44,83 menit. Maka Volume daerah resapan adalah:

$$Vol = \left( \frac{0,19 \times 0,653 \times 36.799,33}{44,83 + 15} - 40 \times 0,74 \right) \times 44,83 = 2.093,54 \text{ ft}^3 \\ = 60 \text{ m}^3$$

Kemudian dihitung kedalaman daerah resapan dengan persamaan:

$$SD = 1.400 \times \left( \frac{Q \text{ discharge}^2}{D \text{ flush orifice}^4} \right) + \frac{D \text{ flush orifice}}{24}$$

Diameter *flush orifice* diasumsikan sebesar 3 inch sehingga didapat kedalaman daerah resapan sebesar 9,6 ft atau 2,9 m.

Kemudian dihitung banyaknya *stormwater chamber* yang dibutuhkan untuk memenuhi volume daerah resapan yang dibutuhkan. Banyaknya *stormwater chamber* didapat dengan membagi volume daerah resapan dengan volume *stormwater chamber*. *Stormwater chamber* dengan merk Triton S-29 memiliki volume  $0,82 \text{ m}^3$ , sehingga jumlah *stormwater chamber* yang dibutuhkan adalah  $60 \text{ m}^3 / 0,82 \text{ m}^3 = 73,2$  buah. Dibulatkan menjadi 74 buah.

Area yang disediakan untuk daerah resapan adalah  $10 \text{ m} \times 15 \text{ m}$ , sehingga harus dicek apakah 74 buah *stormwater chamber* masih cukup masuk dalam area yang disediakan atautkah melebihinya. Cara mengeceknya adalah dengan menentukan jumlah maksimal *stormwater chamber* tiap baris ( $N_{CRMAX}$ ) dan jumlah baris maksimal ( $N_{RMAX}$ ).

$$N_{CRMAX} = \frac{AL_L - W_M - 2B_W}{L_C}$$

$AL_L$  adalah panjang area yang tersedia,  $W_M$  adalah lebar manifold,  $B_W$  adalah lebar area buffer, dan  $L_C$  adalah panjang *stormwater chamber* sesuai spesifikasi produsen.

$$N_{RMAX} = \frac{AL_W - 2B_W + W}{W_C + W_S}$$

$AL_W$  adalah lebar area yang tersedia, dan  $W_S$  adalah jarak antar baris *stormwater chamber* sesuai spesifikasi produsen.

Lebar manifold diasumsikan sebesar 20 cm, lebar area buffer diasumsikan 50 cm, panjang *chamber* adalah 88,9 cm, dan jarak antar baris adalah 19 cm. Sehingga jumlah *chamber* maksimum tiap baris adalah 15 dengan jumlah baris maksimal 5. Jumlah *chamber* maksimum yang bisa tertampung adalah  $15 \times 5 = 75$  buah. Artinya 74 buah *chamber* yang dibutuhkan masih cukup masuk dalam area yang disediakan.

