

BAB V

PERENCANAAN JARINGAN PERPIPAAN

Kriteria desain pada tahap perencanaan mengacu pada Kriteria Teknis Prasarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2014. Dalam hal ini meliputi perhitungan debit air limbah, penentuan slope saluran, perhitungan dimensi pipa dan penanaman pipa.

5.1 Debit Air Limbah

Pengukuran volume air yang digunakan pada satu kali proses pencucian dilakukan dengan menggunakan meter air. Selain itu juga dilakukan perhitungan lama waktu pencucian agar debit air limbah yang dihasilkan dapat diketahui. Pencatatan volume pada meter air dilakukan setiap satu kali proses pencucian pada satu komponen ke komponen lain pada tiap unit.



Gambar 5 1 Pengukuran Kebutuhan Air

Dibutuhkan lebih dari 1 meter air untuk pengukuran ini dikarenakan pencucian komponen dilakukan pada tempat yang berbeda dengan waktu yang bersamaan. Hasil pengukuran kebutuhan air satu kali pencucian dapat dilihat pada **Tabel 5.1** berikut ini.

Tabel 5 1 Perhitungan Kebutuhan Air

Unit Pencucian	Komponen	Volume Air	Waktu Pencucian	Jumlah Komponen	Volume Total	Waktu Total	Debit Air	
		(L)	(menit)	/ Lokomotif	(L)	(menit)	L/menit	m ³ /s
1	Lokomotif	3600	75	1	3600	75	48	0,0008
2	Bogie	1000	30	2	2000	60	33	0,0005
3	Roda	160	10	12	1920	120	16	0,0002
	Gear Box	180	12	12	2160	144	15	0,0002
	IC Silinder	840	23	1	840	23	37	0,0006
4	Traksi Motor	800	21	6	4800	126	38	0,0006
	Generator	900	25	1	900	25	36	0,0006
5	Engine	750	20	1	750	20	38	0,0006
6	Radiator	800	21	1	800	21	38	0,0006
7	Long Hood	1500	40	1	1500	40	38	0,0006
Jumlah					19270	654	336	0,01

Sumber: Olah Data Primer, 2018

Debit kebutuhan air pada pencucian didapatkan dari hasil pembagian antara volume air total dengan waktu pencucian total. Pengukuran volume air pencucian hanya dilakukan pada komponen yang berbeda saja, apabila terdapat lebih dari satu komponen berjenis sama pada satu lokomotif maka volume air hasil pengukuran dikalikan dengan banyaknya jumlah komponen tersebut dalam satu lokomotif.

Contoh perhitungan pada komponen *bogie*:

Volume Air = 1000 L

Waktu Pencucian = 30 menit

Jumlah/lokomotif = 2 buah

Volume Total = 1000 L x 2 = 2000 L

Waktu Total = 30 menit x 2 = 60 menit

Debit Air = Volume Total / Waktu Total

= 2000 L / 60 menit

= 33 L/menit

Debit air yang akan dilayani oleh pipa sangat dipengaruhi oleh kondisi inlet saluran. Air limbah dari proses pencucian tidak sepenuhnya akan masuk ke pipa dikarenakan bangunan pencucian ini memiliki penampang yang datar serta peletakan inlet yang berada disetiap sisi bangunan sehingga masih ada air yang menggenang di lantai bangunan.

Oleh karenanya, debit air limbah yang dilayani oleh pipa merupakan asumsi dari 95% debit kebutuhan air pencucian. Berikut contoh perhitungan dan hasilnya ditunjukkan pada tabel:

$$\text{Debit Limbah} = 95\% \text{ Debit Pencucian}$$

Contoh perhitungan pada komponen lokomotif:

$$\begin{aligned} \text{Debit Limbah} &= 48 \text{ L/menit} \times 95 \% \\ &= 46 \text{ L/ menit} = 0,00076 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan debit air limbah secara keseluruhan pada masing-masing komponen lokomotif dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 5 2 Perhitungan Debit Air Limbah

Unit Pencucian	Komponen	Kebutuhan Air		% Limbah Dilayani Pipa	Debit Air Limbah	
		(L/menit)	(m ³ /s)		(L/menit)	(m ³ /s)
1	Lokomotif	48	0,0008	95%	46	0,00076
2	Bogie	33	0,0005	95%	32	0,00048
3	Roda	16	0,0002	95%	15	0,00019
	Gear Box	15	0,0002	95%	14	0,00019
	IC Silinder	37	0,0006	95%	35	0,00057
4	Traksi Motor	38	0,0006	95%	36	0,00057
	Generator	36	0,0006	95%	34	0,00057
5	Engine	38	0,0006	95%	36	0,00057
6	Radiator	38	0,0006	95%	36	0,00057
7	Long Hood	38	0,0006	95%	36	0,00057

Sumber: Olah Data Primer, 2018

Karena dalam satu unit pencucian terdapat lebih dari 1 komponen yang diproses sedangkan dalam perencanaannya inlet saluran diletakkan pada tiap unit untuk kemudahan pemasangan, maka debit air tiap komponen harus dijumlahkan untuk mengetahui berapa debit air limbah yang akan dilayani saluran pada tiap unit.

Selain itu perlunya dilakukan perhitungan debit puncak untuk mengetahui kemungkinan debit tertinggi yang harus ditampung oleh pipa air limbah selama unit pencucian beroperasi. UPT. Balai Yasa Yogyakarta menerapkan sistem 8 jam kerja setiap harinya sehingga waktu operasi unit pencucian mengikuti jam kerja tersebut.

Sebagai unit pelaksana teknis dari PT. Kereta Api Indonesia (Persero), untuk tahun 2020 UPT. Balai Yasa Yogyakarta telah ditugaskan untuk menyelesaikan perawatan dan pencucian 170 lokomotif dalam kurun waktu satu tahun. Apabila diasumsikan dalam satu tahun jam kerja aktif adalah 10 bulan, maka untuk memenuhi target tersebut penulis dapat menyimpulkan bahwa UPT. Balai Yasa Yogyakarta harus menyelesaikan pencucian dan perawatan 1 lokomotif setiap harinya.

Untuk hasil perhitungan debit puncak air limbah pada tiap unit pencucian selengkapnya pada **Tabel 5.3** berikut:

Tabel 5 3 Perhitungan Debit Puncak

Unit Pencucian	Komponen	Debit Air Limbah (L/menit)	Jumlah Kereta Yang Dicuci / hari	Debit Puncak		Debit Tiap Unit	
				(L/menit)	(m ³ /s)	(L/menit)	(m ³ /s)
1	Lokomotif	46	1	46	0,0008	46	0,0008
2	Bogie	32	1	32	0,0005	32	0,0005
3	Roda	15	1	15	0,0002	64	0,001
	Gear Box	14	1	14	0,0002		
	IC Silinder	35	1	35	0,0006		
4	Traksi Motor	36	1	36	0,0006	70	0,001
	Generator	34	1	34	0,0006		
5	Engine	36	1	36	0,0006	36	0,0006
6	Radiator	36	1	36	0,0006	36	0,0006
7	Long Hood	36	1	36	0,0006	36	0,0006

Sumber: Olah Data Primer, 2018

Sehingga apabila diakumulasikan maka debit air limbah total yang akan didistribusikan ke IPAL adalah:

Tabel 5 4 Debit Air Limbah Total

Debit Limbah Total			
(L/menit)	(m ³ /s)	(L/hari)	(m ³ /hari)
319	0,005	459360	864

Sumber: Olah Data Primer, 2018

5.2 Jaringan Perpipaan

Penyaluran air limbah dari tiap unit pencucian diusahakan melalui jalur dan waktu alir sesingkat mungkin menuju instalasi pengolahan air limbah (IPAL) terpusat. Sistem perpipaan yang direncanakan dapat dilihat pada Lampiran.

Perencanaan jaringan perpipaan yang dilakukan mengacu pada Kriteria Teknis Prasarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2014. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan adalah berikut:

A. Penentuan *Slope* Saluran

B. Penentuan d/D

d/D merupakan perbedaan tinggi basah dengan diameter pipa yang dapat diasumsikan antara 0,6 – 0,8 m³/s

C. Penentuan nilai Q_p/Q_{full}

Nilai Q_p/Q_{full} didapatkan dari pembacaan grafik elemen hidrolis mengacu pada nilai d/D yang telah ditentukan sebelumnya.

D. Penentuan nilai n

Nilai n menunjukkan koefisien kekasaran saluran disesuaikan dengan jenis pipa yang akan digunakan.

E. Diameter pipa diperoleh dengan persamaan:

$$d = \frac{Q_{full}}{0.3118 \times (n^{-1}) \times (S^{0.5})^{\frac{3}{8}}}$$

5.2.1 Kemiringan Saluran

Sistem yang digunakan pada perencanaan jaringan adalah sistem gravitasi sehingga memerlukan kemiringan lahan yang sesuai guna memenuhi kecepatan aliran pada pipa agar tidak terjadi gumpalan atau endapan yang dapat mengganggu aliran air, disamping itu apabila kecepatan aliran terlampaui tinggi maka akan berdampak pada kerusakan pipa. Oleh karenanya kemiringan merupakan salah satu faktor penting pada perencanaan saluran dan harus diperhitungkan dengan matang, (Wigati, 2012).

Kemiringan (*slope*) adalah keadaan dimana ada bidang atau permukaan yang tidak rata, disebabkan ada bagian yang tinggi dan ada bagian yang rendah. Besar kemiringan (*slope*) dapat dinyatakan kedalam tiga bentuk yakni gradien, persentase/desimal, dan derajat. Dalam peneelitian ini nilai *slope* dinyatakan dalam bentuk desimal.

Kemiringan dasar saluran pada umumnya ditentukan oleh kondisi topografi dimana telah dilakukan pengukuran elevasi sebelumnya, akan tetapi angka kemiringan juga bisa didapatkan dari formula lain yang umum digunakan ataupun didapat dari standar-standar tertentu dengan referensi yang kuat.

Dilakukan 2 perhitungan kemiringan sebagai perbandingan *slope* mana yang nantinya akan digunakan untuk kemiringan dasar saluraan yang sesuai. Perhitungan pertama merupakan perhitungan kemiringan tanah sesuai keadaan topografi, angka ini didapatkan dari hasil penukuran elevasi yang telah dilakukan sebelumnya. Sedangkan perhitungan kedua merupakan perhitungan kemiringan mnimal yang diijinkan sesuai dengan Kriteria Teknis Prasarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah Kementrian Pekerjaan Umum Tahun 2014.

Nilai *slope* diperoleh dari pengukuran elevasi tanah dihitung dengan formula:

$$Sd = \frac{Hx - Ho}{L}$$

Dimana: $Sd = Slope$ Tanah (m/m)

$Hx = Elevasi$ Akhir (m)

$Ho = Elevasi$ Awal (m)

$L = Panjang$ Pipa (m)

Contoh perhitungan untuk notasi a1-a2:

$$Sd = \frac{130 \text{ m} - 130 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 0 \text{ m/m}$$

Hasil perhitungan *slope* berdasarkan keadaan topografi pada tiap saluran dapat dilihat pada **Tabel 5.4** berikut:

Tabel 5 4 Perhitungan *Slope* Tanah

Saluran	Panjang pipa (m)	Elevasi Tanah (m)		<i>Slope</i> Tanah
		Awal	Akhir	
Pipa Lateral				
a1-a2	10	130	130	0
a2-a3	20	130	130	0
a3-a4	15	130	131	0,07
a5-a4	10	131	131	0
a4-a6	40	131	131	0
a6-a7	14	131	131	0
a8-a7	30	131	131	0
b1-b2	80	130	131	0,01
b3-b2	10	131	131	0
Pipa Utama				
a7-a9	20	131	132	0,1
a9-a10	156	132	133	0,006
b2-b4	33	131	131	0
b4-a10	79	131	133	0,03
a10-ipal	10	133	133	0

Sumber : Olah Data Primer, 2018

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa *slope* pada keadaan elevasi tanah sesungguhnya menunjukkan angka nol pada beberapa saluran. Hal ini disebabkan karena area yang dilayani oleh jalur pipa relatif kecil sehingga tidak terjadi perbedaan elevasi tanah yang signifikan. Selain itu dikarenakan pengukuran elevasi tanah menggunakan altimeter yang tidak dapat menunjukkan angka ketinggian sampai dibelakang koma. Jika *slope* tanah pada angka nol, maka kemungkinan sulit mencapai kecepatan aliran pipa yang sesuai dan sangat memungkinkan terjadinya pengendapan pada aliran pipa, (Rakhmananda, 2016).

Oleh karenanya hal tersebut kemiringan saluran ditentukan dengan menggunakan perhitungan *slope* minimum menyesuaikan Kriteria Teknis Prasarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah Kementerian Pekerjaan Umum

Tahun 2014. Angka kemiringan inilah yang nantinya digunakan sebagai acuan perencanaan pemasangan dan galian pipa.

Perhitungan kemiringan minimum didapatkan dengan formula praktis sebagai berikut:

$$S_{min} = 0,01 \times Q^{0,667}$$

Dimana : S_{min} = Slope minimum (m/m)

Q = Debit saluran (m³/s)

Contoh perhitungan untuk notasi a1-a2:

$$S_{min} = 0,01 \times 0,0005^{0,667} = 0,001 \text{ m/m}$$

Kemiringan saluran yang digunakan dalam perencanaan ini adalah nilai S_{min} yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 5 5 Perhitungan Slope Saluran

Saluran	Q	S _{min}
	(m ³ /s)	m/m
Pipa Lateral		
a1-a2	0,0005	0,001
a2-a3	0,001	0,001
a3-a4	0,001	0,001
a5-a4	0,0006	0,001
a4-a6	0,003	0,002
a6-a7	0,003	0,002
a8-a7	0,001	0,001
b1-b2	0,0006	0,001
b3-b2	0,0006	0,001
Pipa Utama		
a7-a9	0,004	0,002
a9-a10	0,004	0,002
b2-b4	0,001	0,001
b4-a10	0,001	0,001
a10-ipal	0,005	0,003

Sumber : Olah Data Primer, 2018

5.2.3 Perhitungan Dimensi Pipa

Air limbah yang akan disalurkan mengandung oli sehingga bersifat korosif terhadap permukaan logam, oleh karena itu maka jenis pipa yang direncanakan adalah pipa dengan bahan *Polyvinyl Chloride* (PVC). Pipa PVC yang merupakan pipa berbahan plastik dengan campuran *vinyl* sangat umum digunakan dalam penyaluran air limbah karena tidak berkarat sehingga memungkinkan penggunaannya lebih tahan lama.

Selain itu, kekasaran pipa PVC juga cukup rendah sehingga air buangan dapat mengalir dengan baik. Untuk koefisien kekasaran pipa dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5 6 Koefisien Kekasaran Pipa

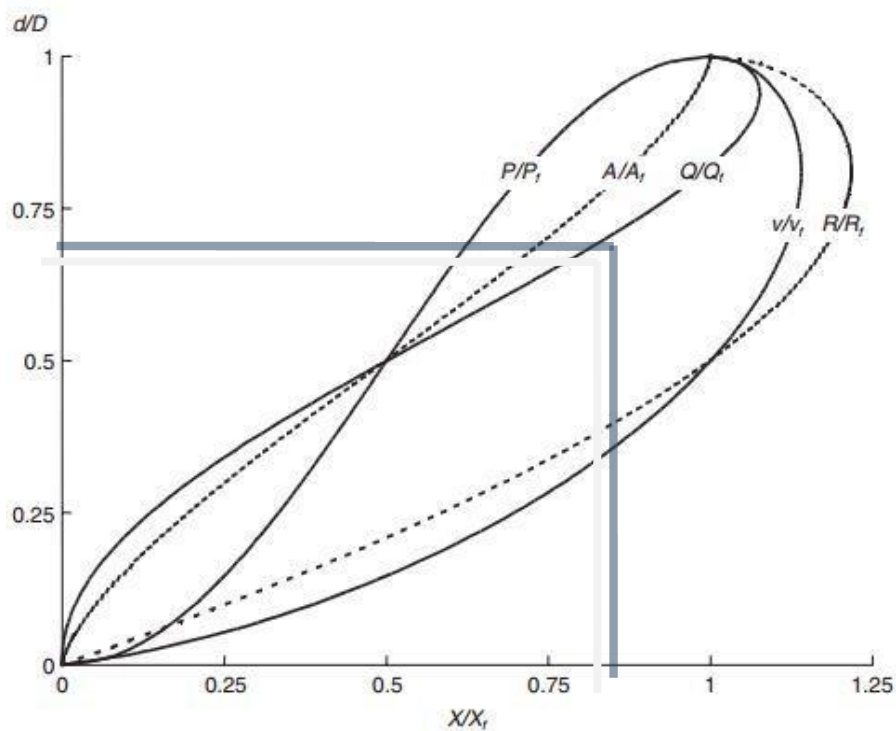
No	Jenis Saluran	Koefisien Kekasaran Manning (n)
1	Pipa besi tanpa lapisan	0.012 - 0.015
1.1	Dengan lapisan semen	0.012 - 0.013
1.2	Pipa berlapis gelas	0.011 - 0.017
2	Pipa asbestos semen	0.010 - 0.015
3	Saluran pasangan batu bata	0.012 - 0.017
4	Pipa beton	0.012 - 0.016
5	Pipa baja spiral & pipa kelingan	0.013 - 0.017
6	Pipa plastik halus (PVC)	0.002 - 0.012
7	Pipa tanah liat (Vitrified clay)	0.011 - 0.015

Sumber : Draft pedoman jaringan perpipaan air limbah, 2014

Jenis pipa yang digunakan adalah pipa PVC khusus air buangan *Rucika Lite SDR41* dengan permukaan halus. Berdasarkan koefisien kekasaran pipa maka dapat disimpulkan bahwa koefisien (n) yang digunakan adalah 0,012.

Untuk menghitung dimensi pipa terlebih dahulu ditentukan nilai d/D yang merupakan perbandingan antara diameter pipa dan tinggi permukaan air dalam pipa. Perbandingan yang umum digunakan adalah angka pada kisaran 0,6 - 0,8. Diasumsikan nilai perbandingan yang diambil adalah 0,7.

Nilai tersebut digunakan untuk menentukan nilai perbandingan debit puncak dengan debit pada saat aliran penuh (Q_p/Q_f) dengan melakukan penentuan pada grafik elemen hidrolis. Angka perbandingan yang didapatkan untuk Q_p/Q_f pada d/D 0,7 adalah 0,85. Debit yang digunakan untuk perhitungan diameter pipa adalah debit pada saat aliran penuh (Q_f), jika debit puncak (Q_p) telah diketahui melalui perhitungan sebelumnya dan perbandingan Q_p/Q_f juga telah ditentukan, maka nilai Q_f akan diketahui. Berikut hasil pembacaan grafik elemen hidrolis:



Gambar 5 2 Penentuan Nilai Q_p/Q_f

Diameter diperoleh dengan persamaan:

$$d = \frac{Q_f}{0.3118 \times (n^{-1}) \times (S^{0.5})^{\frac{3}{8}}}$$

Contoh perhitungan untuk notasi a1-a2:

$$\begin{aligned} Q_p &= 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} \\ d/D &= 0,7 \\ Q_p/Q_{full} &= 0,85 \\ Q_{full} &= Q_p / Q_p/Q_{full} \\ &= 0,03 / 0,85 = 0,0006 \text{ m}^3/\text{s} \\ n &= 0.012 \\ s &= 0,001 \text{ m/m} \end{aligned}$$

$$d = \frac{0,0006}{0.3118 \times (0,012^{-1}) \times (0,001^{0.5})^{\frac{3}{8}}} = 0,11 \text{ m}$$

$$d \text{ pasaran} = 0,15 \text{ m} = 6 \text{ inch}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Basah} &= d/D \times \text{diameter} \\ &= 0,7 \times 0,11 \text{ m} \\ &= 0,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Berikut ini pada **Tabel 5.7** merupakan hasil perhitungan dimensi pipa pada masing-masing saluran:

Tabel 5 7 Perhitungan Dimensi Pipa

Saluran	Debit Puncak	d/D	Qp/Qfull	Qfull	n	Slope Saluran	Diameter Teoritis		Diameter Digunakan (d)			Tinggi Basah
	(m ³ /s)					(0,6 - 0,8)	(Grafik)	(m ³ /s)	(m/m)	(m)	(mm)	(m)
Pipa Lateral												
a1-a2	0,0005	0,7	0,85	0,0006	0,012	0,001	0,11	110	0,15	150	6	0,1
a2-a3	0,0012	0,7	0,85	0,0015	0,012	0,001	0,14	139	0,15	150	6	0,1
a3-a4	0,0012	0,7	0,85	0,0015	0,012	0,001	0,14	139	0,15	150	6	0,1
a5-a4	0,0006	0,7	0,85	0,0007	0,012	0,001	0,11	115	0,15	150	6	0,1
a4-a6	0,0029	0,7	0,85	0,0034	0,012	0,002	0,17	173	0,2	200	8	0,1
a6-a7	0,0029	0,7	0,85	0,0034	0,012	0,002	0,17	173	0,2	200	8	0,1
a8-a7	0,0010	0,7	0,85	0,0012	0,012	0,001	0,13	132	0,15	150	6	0,1
b1-b2	0,0006	0,7	0,85	0,0007	0,012	0,001	0,12	116	0,15	150	6	0,1
b3-b2	0,0006	0,7	0,85	0,0007	0,012	0,001	0,12	116	0,15	150	6	0,1
Pipa Utama												
a7-a9	0,004	0,7	0,85	0,005	0,012	0,002	0,19	186	0,2	200	8	0,1
a9-a10	0,004	0,7	0,85	0,005	0,012	0,002	0,19	186	0,2	200	8	0,1
b2-b4	0,001	0,7	0,85	0,001	0,012	0,001	0,14	138	0,15	150	6	0,1
b4-a10	0,001	0,7	0,85	0,001	0,012	0,001	0,14	138	0,15	150	6	0,1
a10-ipal	0,005	0,7	0,85	0,006	0,012	0,003	0,20	198	0,2	200	8	0,1

Sumber: Olah Data Primer, 2018

Diameter yang didapat dari perhitungan diatas antara 6 dan 8 inch telah menyesuaikan dengan ketersediaan pipa di pasaran. Diameter terkecil yang dihasilkan yaitu 6 inch terdapat pada pipa lateral dengan notasi pipa a1-a2, a5-a4, dan b1-b2 dikarenakan area yang dilayani pipa-pipa tersebut hanya satu unit pencucian sehingga debit yang ditampung pun kecil.

Sedangkan pipa dengan diameter terbesar 8 inch terdapat pada pipa utama karena debit yang dilayani merupakan akumulasi dari debit yang dilayani oleh pipa lateral. Ketinggian permukaan air pada pipa pada angka 0,1 meter yang berarti aliran air pada pipa tidak sampai penuh sehingga memenuhi kriteria untuk saluran terbuka dengan sistem penyaluran secara gravitasi.

5.2.4 Kontrol Kecepatan

A. Kecepatan Minimum

Kecepatan aliran minimum dikondisikan untuk memenuhi kriteria minimal *Self Cleansing Velocity* yaitu kecepatan dimana partikel-partikel padat dalam aliran air limbah akan tetap tersuspensi, tanpa mengendap di dasar saluran pembuangan.

Dengan *Self Cleansing Velocity* diperkirakan aliran air akan mampu mengangkut padatan hingga diameter 1-5 mm dan mencegah dekomposisi pada air limbah dengan menyalurkannya lebih cepat. Untuk itu, kecepatan minimum yang diperbolehkan adalah 0,45 m/s, (Punmia B. C., 2013).

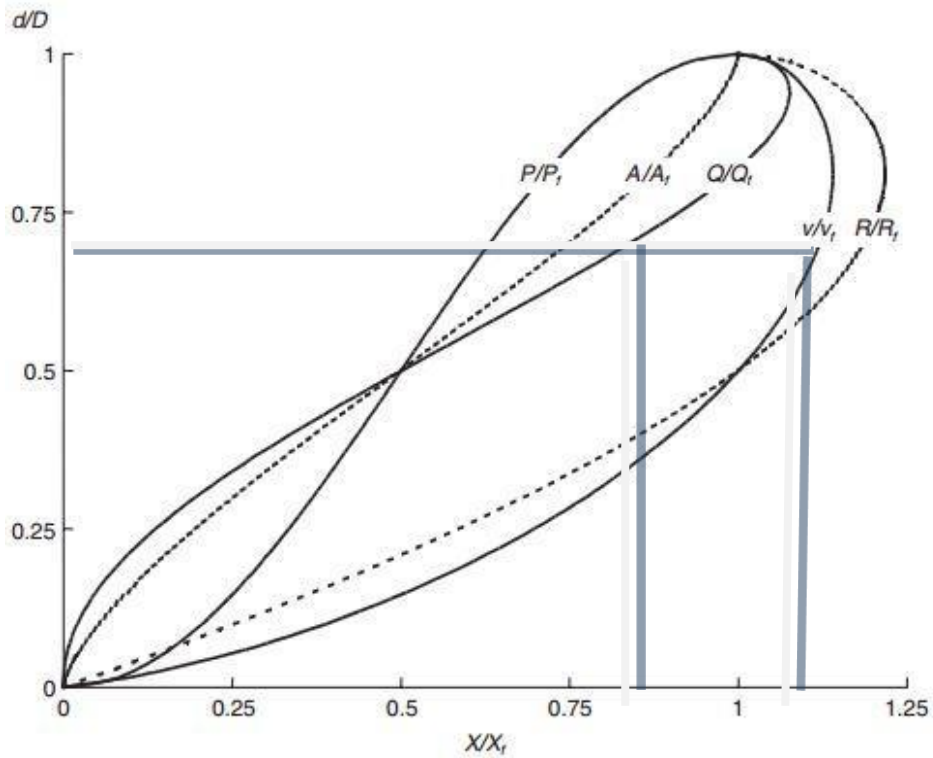
B. Kecepatan Minimum

Disamping itu, hal lain yang harus diperhatikan adalah kecepatan maksimum aliran. Pada kecepatan aliran yang tinggi akan terjadi turbulensi yang berdampak pada terjadinya penggerusan dibagian permukaan pipa sehingga pipa akan cepat aus dan pemakaiannya tidak tahan lama. Oleh karena itu, kecepatan maksimum aliran yang diijinkan untuk bahan pipa pvc adalah 3 m/s, (Punmia B. C., 2013).

Contoh perhitungan untuk notasi a1-a2:

$$\begin{aligned}
 n &= 0,012 \\
 D &= 0,15 \text{ m} \\
 \text{Slope} &= 0,001 \\
 Q_p &= 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} \\
 V_{\text{full}} &= \frac{\left(\frac{D}{4}\right)^{0,67} \times S^{0,5}}{n} \\
 &= \frac{\left(\frac{0,15}{4}\right)^{0,67} \times 0,001^{0,5}}{0,012} = 0,92 \text{ m/s} \\
 Q_{\text{full}} &= 0,0006 \\
 Q_p/Q_{\text{full}} &= 0,85
 \end{aligned}$$

Penentuan nilai d/D dan $V_{\text{peak}}/V_{\text{full}}$:



Gambar 5 3 Penentuan nilai d/D dan $V_{\text{peak}}/V_{\text{full}}$

Dari grafik diperoleh:

$$d/D = 0,7$$

$$V_{\text{peak}}/V_{\text{full}} = 1,1 \text{ m/s}$$

Maka, kecepatan saat aliran puncak adalah:

$$V_{\text{peak}} = V_{\text{peak}}/V_{\text{full}} \times V_{\text{full}}$$

$$= 1,1 \times 0,92$$

$$= 1 \text{ m/s (memenuhi)}$$

Untuk perhitungan secara keseluruhan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5 8 Perhitungan Kontrol Kecepatan

Saluran	Diameter	Slope	n	Vfull	Q full	Q peak (m ³ /s)	Qpeak/ Qfull	d/D	V peak / V full	V Peak	Self Cleansing Velocity
	(m)	(m/m)		(m/s)	(m ³ /s)	Qp	Qp/Qf	(grafik)	(m/s)	(m/s)	(0,45 - 3 m/s)
Pipa Lateral											
a1-a2	0,15	0,001	0,012	0,92	0,0006	0,0005	0,85	0,7	1,1	1	Memenuhi
a2-a3	0,15	0,001	0,012	0,92	0,0015	0,0012	0,85	0,7	1,1	1	Memenuhi
a3-a4	0,15	0,001	0,012	0,92	0,0015	0,0012	0,85	0,7	1,1	1	Memenuhi
a5-a4	0,15	0,001	0,012	0,92	0,0007	0,0006	0,85	0,7	1,1	1	Memenuhi
a4-a6	0,20	0,002	0,012	1,58	0,0034	0,0029	0,85	0,7	1,1	1,7	Memenuhi
a6-a7	0,20	0,002	0,012	1,58	0,0034	0,0029	0,85	0,7	1,1	1,7	Memenuhi
a8-a7	0,15	0,001	0,012	0,92	0,0012	0,0010	0,85	0,7	1,1	1	Memenuhi
b1-b2	0,15	0,001	0,012	0,92	0,0007	0,0006	0,85	0,7	1,1	1	Memenuhi
b3-b2	0,15	0,001	0,012	0,92	0,0007	0,0006	0,85	0,7	1,1	1	Memenuhi
Pipa Utama											
a7-a9	0,20	0,002	0,012	1,58	0,005	0,004	0,85	0,7	1,1	1,7	Memenuhi
a9-a10	0,20	0,002	0,012	1,58	0,005	0,004	0,85	0,7	1,1	1,7	Memenuhi
b2-b4	0,15	0,001	0,012	0,92	0,001	0,001	0,85	0,7	1,1	1	Memenuhi
b4-a10	0,15	0,001	0,012	0,92	0,001	0,001	0,85	0,7	1,1	1	Memenuhi
a10-ipal	0,20	0,003	0,012	1,94	0,006	0,005	0,85	0,7	1,1	2	Memenuhi

Sumber: Olah Data Primer, 2018.

5.2.5 Penanaman Pipa

Dalam pelaksanaan pekerjaan, besarnya volume galian pipa dipengaruhi oleh faktor kemiringan saluran (*slope*), sehingga semakin besar *slope* semakin besar volume galian tanah. Kedalaman perletakan pipa minimal diperlukan untuk perlindungan pipa dari tekanan di atasnya dan gangguan lain. Kedalaman galian pipa antara 0,5 – 1 meter, (Kementrian PU, 2014).

Penanaman pipa awal yang direncanakan adalah 0,5 meter dan posisi penanaman pipa tidak pada bahu jalan. Kedalaman galian awal pipa tiap notasi mengikuti kedalaman galian pada titik akhir notasi pipa sebelumnya, dengan tujuan agar air dapat mengalir sesuai dengan arah aliran yang direncanakan karena sistem pengalirannya dilakukan secara gravitasi. Profil hidrolis saluran terdapat pada Lampiran.

Untuk perhitungan kedalaman galian pipa dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5 9 Kedalaman Galian Pipa

Saluran	Slope m/m	Panjang pipa m	Kedalaman Galian	Level Dasar Pipa		Level Muka Air m
				Awal	Akhir	
a1-a2	0,001	10	0,010	0,50	0,51	0,1
a2-a3	0,001	20	0,02	0,51	0,53	0,1
a3-a4	0,001	15	0,02	0,53	0,55	0,1
a5-a4	0,001	10	0,01	0,50	0,51	0,1
a4-a6	0,002	40	0,08	0,55	0,63	0,1
a6-a7	0,002	14	0,03	0,63	0,65	0,1
a8-a7	0,001	30	0,03	0,50	0,53	0,1
a7-a9	0,002	20	0,04	0,65	0,69	0,1
a9-a10	0,002	156	0,31	0,69	1,01	0,1
b1-b2	0,001	80	0,08	0,50	0,58	0,1
b3-b2	0,001	10	0,01	0,50	0,51	0,1
b2-b4	0,001	33	0,03	0,58	0,61	0,1
b4-a10	0,001	79	0,08	0,61	0,69	0,1
a10-ipal	0,003	10	0,03	1,01	1,04	0,1

Sumber: Olah Data Primer, 2018

Kedalaman galian pipa didapat berdasarkan slope dan panjang pipa pada tiap notasi. Angka tersebut juga dapat menyatakan beda tinggi antara level dasar pipa awal dengan level dasar pipa akhir. Level dasar pipa saat berada pada IPAL menunjukkan angka 1,04 m yang berarti apabila air limbah yang disalurkan pipa akan diolah pada unit IPAL maka harus dilakukan pemompaan.

Level muka air didapatkan dari perhitungan tinggi basah atau tinggi muka air pada pipa. Pada notasi a10 yang merupakan pipa utama menuju ke IPAL dengan debit akumulatif tertinggi, level muka air ada pada angka 0,1 m.

Contoh perhitungan untuk notasi a1-a2:

$$\begin{aligned}
 \text{H Awal} &= 0,5 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman Galian} &= \text{Slope} \times \text{Panjang Pipa} \\
 &= 0,001 \times 10 \\
 &= 0,01 \text{ m} \\
 \text{Elevasi Dasar Pipa Akhir} &= \text{Elevasi Dasar Awal} + \text{Kedalaman Galian} \\
 &= 0,5 + 0,01 \\
 &= 0,51 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5.3 Bak Kontrol

Bak kontrol difungsikan untuk mengendapkan partikel padat ataupun kotoran yang terdapat pada air limbah serta berfungsi untuk memeriksa kondisi air limbah yang sedang disalurkan dan untuk mempermudah *maintenance*. Bak kontrol ditempatkan pada setiap perubahan kemiringan pipa, diameter pipa dan perubahan arah aliran, serta setiap pertemuan/percabangan saluran direncanakan sesuai dengan Kriteria Teknis Prasarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2014.

Penggunaan bak kontrol pada setiap pertemuan/percabangan pipa meminimalisir penggunaan aksesoris pipa seperti belokan maupun *junction* dengan tujuan untuk mengurangi resiko terjadinya pengendapan partikel pada pipa karena terjadinya penurunan kecepatan saat melalui *junction*. Spesifikasi ukuran bak kontrol mengikuti Kriteria Teknis Prasarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2014 dengan ukuran normal kedalaman 1,5 m dan masing-masing sisi 1 m berbahan dasar beton cetak (*precast*) bertulang berbentuk persegi dengan *cover* kedap air. Jumlah dan peletakan bak kontrol dicantumkan pada Lampiran.



Gambar 5 4 Bak Kontrol