

# **PERENCANAAN JARINGAN PERPIPAAN AIR LIMBAH PENCUCIAN LOKOMOTIF DI PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO), UPT. BALAI YASA YOGYAKARTA**

Afrizal Ilham Tawakal

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam

Indonesia

Email: afrizaltawakal@gmail.com

## **ABSTRAK**

*UPT. Balai Yasa Yogyakarta merupakan Unit Pelaksanaan Teknis (UPT) dari PT Kereta Api Indonesia (Persero) yang juga melakukan perawatan, perbaikan lokomotif. Dalam proses perawatan lokomotif, proses pencucian merupakan sumber utama air limbah yang nantinya akan diolah di IPAL. Dalam penyaluran air limbah UPT. Balai Yasa Yogyakarta sendiri menerapkan sistem penyaluran air limbah secara tercampur dengan air hujan yang menyebabkan beban pengolahan air limbah meningkat karena air hujan dengan jumlah besar menyebabkan terjadinya pengenceran, sehingga IPAL tidak menjalankan fungsinya secara optimal. Oleh karena itu, diperlukannya perencanaan penyaluran air limbah yang terpisah dengan limpasan air hujan agar mengurangi beban pengolahan di IPAL dan memungkinkan air hujan untuk dimanfaatkan kembali.. Jaringan perpipaan yang direncanakan mencakup 7 unit pencucian lokomotif yang saat ini beroperasi di UPT. Balai Yasa Yogyakarta. Debit air yang digunakan selama proses pencucian dalam 1 hari totalnya adalah 0,01 m<sup>3</sup>/s sedangkan debit air limbah yang akan disalurkan ke IPAL adalah 0,005 m<sup>3</sup>/s. Jenis pipa yang digunakan adalah pipa PVC (Polyvinyl Chloride) khusus air buangan Rucika Lite SDR41 dengan rentang diameter antara 6-8 inch. Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan sebesar Rp 119.430.000,00 atau terbilang Seratus Sembilan Belas Juta Empat Ratus Tiga Puluh Ribu Rupiah.*

**Kata kunci:** penyaluran air limbah, sistem terpisah, UPT. Balai Yasa Yogyakarta, perencanaan

## **ABSTRACT**

*UPT. Balai Yasa Yogyakarta is a Technical Implementation Unit from PT. Kereta Api Indonesia (Persero) which also carries out maintenance, repairing locomotives. In the locomotive maintenance process, the washing process is the main source of waste water which will be processed in the WWTP. In the distribution of wastewater UPT. Balai Yasa Yogyakarta itself applies a waste water distribution system mixed with rainwater which causes the wastewater treatment load to increase due to the large amount of rainwater causing dilution, so that the WWTP does not perform its function optimally. Therefore, it is necessary to plan separate waste water distribution with rainwater runoff to reduce processing load in WWTP and allow rainwater to be reused. The planned piping network includes 7 locomotive washing units which currently operate at UPT. Balai Yasa Yogyakarta. The water debit used during the washing process in 1 day total is 0.01 m<sup>3</sup> / s while the waste water discharge that will be channeled to the WWTP is 0.005 m<sup>3</sup> / s. The type of pipe used is PVC (Polyvinyl Chloride) pipe specifically Rucika Lite SDR41 waste water with a diameter range of 6-8 inch. Budget Plan The costs needed for planning are Rp. 196,430,000.00, or one hundred and nineteen million, four hundred thirty thousand rupiahs.*

**Keywords:** sewer, seperate sewer system, UPT. Balai Yasa Yogyakarta, planning

## 1. PENDAHULUAN

UPT. Balai Yasa Yogyakarta berkomitmen untuk tetap peduli terhadap lingkungan hidup, dengan memanfaatkan sistem pengelolaan air hujan dan memperbaiki sistem sanitasi khususnya air limbah dari proses pekerjaan pencucian kereta, maka disetiap kegiatan produksi yang dilakukan harus memperhatikan kepedulian terhadap pengaruh negatif yang mempengaruhi lingkungan hidup.

Sistem sanitasi dalam bidang pengelolaan air limbah yang diterapkan oleh UPT. Balai Yasa Yogyakarta merupakan sistem sanitasi terpusat (*off site sanitation*). Sistem sanitasi terpusat adalah sistem pembuangan air limbah yang disalurkan melalui saluran pengumpul secara terpusat menuju bangunan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke badan air, (Seyoum, 2016).

Pada prinsipnya sistem penyaluran air limbah terdiri dari 2 macam yaitu sistem penyaluran secara tercampur dengan limpasan air hujan dan sistem penyaluran secara terpisah. UPT. Balai Yasa Yogyakarta sendiri menerapkan sistem penyaluran air limbah secara tercampur dengan air hujan.

Kondisi ini menyebabkan debit air limbah sangat bergantung pada intensitas curah hujan yang terjadi pada waktu tertentu sehingga debit yang akan ditampung oleh saluran fluktuatif dan tidak dapat diperkirakan yang kemudian memungkinkan terjadinya *overflow* serta Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) tidak menjalankan fungsinya secara optimal karena kapasitas debit yang diolah berlebih. Oleh karena itu, diperlukannya perencanaan penyaluran air limbah yang terpisah dengan limpasan air hujan agar mengurangi beban pengolahan di IPAL dan memungkinkan air hujan untuk dimanfaatkan kembali.

Sistem Penyaluran yang terpisah dengan air hujan atau biasa disebut *separate system (full sewerage)* adalah sistem dimana air buangan disalurkan tersendiri dalam jaringan riol tertutup, sedangkan limpasan air hujan disalurkan tersendiri dalam saluran drainase khusus untuk air yang tidak tercemar, (Seyoum, 2016).

## **2. METODE PERENCANAAN**

### **Acuan Perencanaan**

Perencanaan jaringan perpipaan air limbah ini beracuan pada Kriteria Teknis Prasarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah, PPLP Pekerjaan Umum 2014. Selain itu, dilakukan juga tinjauan pustaka dari berbagai sumber seperti penelitian yang sudah ada maupun referensi lain yang dapat menunjang perencanaan.

### **Kriteria Desain**

#### **A. Bahan Perpipaan**

Berbagai faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan pipa secara menyeluruh adalah :

- a. Umur ekonomis
- b. Pengalaman pipa sejenis yang telah diaplikasikan di lapangan
- c. Resistensi terhadap korosi (kimia) atau abrasi (fisik)
- d. Koefisiensi kekasaran (hidrolik)
- e. Kemudahan transpor dan handling
- f. Kekuatan struktur
- g. Biaya suplai, transpor dan pemasangan
- h. Ketersediaan di lapangan
- i. Ketahanan terhadap disolusi di dalam air
- j. Kekedapan dinding
- k. Kemudahan pemasangan sambungan

## B. Kecepatan dan Kemiringan Pipa

Tabel 2.1 Koefisien Kekasaran Manning

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

Kemiringan pipa minimal praktis untuk berbagai diameter atas dasar kecepatan 0,60 m/dtk saat pengaliran penuh adalah kisaran 1 – 2 %, atau dengan menggunakan kemiringan dibawah:

Tabel 2.2 Kemiringan Pipa Minimal

Diameter (mm)	Kemiringan Minimal (m/m)	
	n : 0,013	n : 0,015
200	0,0033	0,0044
250	0,0025	0,0033
300	0,0019	0,0026
375	0,0014	0,0019
450	0,0011	0,0015

Sumber : Draft pedoman jaringan perpipaan air limbah, 2014

Atau dengan menggunakan formula praktis:

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

Dimana S = Slope (m/m), Q = Debit (m<sup>3</sup>/s)

### C. Kedalaman Pipa

1. Kedalaman perletakan pipa minimal diperlukan untuk perlindungan pipa dari beban di atasnya dan gangguan lain;
2. Kedalaman galian pipa antara 0,45 – 1 meter
3. Kedalaman maksimal pipa induk untuk saluran terbuka (*open trench*) 7 m atau dipilih kedalaman ekonomis dengan pertimbangan biaya dan kemudahan/resiko pelaksanaan galian dan pemasangan pipa

### D. Bangunan Pelengkap

1. Lokasi *Manhole*
  - a. Pada jalur saluran yang lurus, dengan jarak tertentu tergantung diameter saluran.
  - b. Pada setiap perubahan kemiringan saluran, perubahan diameter, dan perubahan arah aliran, baik vertikal maupun horizontal.
  - c. Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan (*intersection*) dengan pipa atau bangunan lain.

Tabel 2.3 Jarak Antar Manhole Pada Jalur Lurus

Diameter (mm)	Jarak Antar MH (m)	Referensi
20-50	50 - 75	Materi Training + Hammer
50-75	75 - 125	Materi Training + Hammer
100-150	125 - 150	Materi Training + Hammer
150-200	150 - 200	Materi Training + Hammer
1000	100 - 150	Bandung (Jl. Soekarno - Hatta)

#### 2. Klasifikasi *Manhole*

Pada umumnya bentuk manhole empat persegi panjang, kubus atau bulat.

- a. *Manhole* dangkal : kedalaman (0,75-0,9) m, dengan cover kedap
- b. *Manhole* normal : kedalaman 1,5 m, dengan cover berat
- c. *Manhole* dalam : kedalaman di atas 1,5 m, dengan cover berat

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Debit Air Limbah

Untuk mengetahui debit air limbah yang akan disalurkan maka dilakukan pengukuran kebutuhan air pada proses pencucian lokomotif dengan menggunakan meter air. Hasil pengukuran kebutuhan air satu kali pencucian dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1 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 <sup>3</sup> /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

Contoh perhitungan pada komponen *bogie*:

$$\text{Volume Air} = 1000 \text{ L}$$

$$\text{Waktu Pencucian} = 30 \text{ menit}$$

$$\text{Jumlah/lokomotif} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{Volume Total} = 1000 \text{ L} \times 2 = 2000 \text{ L}$$

$$\text{Waktu Total} = 30 \text{ menit} \times 2 = 60 \text{ menit}$$

$$\text{Debit Air} = \text{Volume Total} / \text{Waktu Total}$$

$$= 2000 \text{ L} / 60 \text{ menit}$$

$$= 33 \text{ L/menit}$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Debit Limbah} &= 48 \text{ L/menit} \times 95 \% \\ &= 46 \text{ L/ menit} = 0,0008 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

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

Tabel 3.2 Perhitungan Debit Air Limbah

Unit Pencucian	Komponen	Kebutuhan Air		% Limbah Dilayani Pipa	Debit Air Limbah	
		(L/menit)	(m <sup>3</sup> /s)		(L/menit)	(m <sup>3</sup> /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

Dilakukan perhitungan debit puncak untuk mengetahui berapa debit tertinggi yang harus ditampung oleh pipa air limbah selama unit pencucian beroperasi. Sebagai unit pelaksana teknis dari PT. Kereta Api Indonesia (Persero), untuk tahun 2020 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 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Perhitungan Debit Puncak

Unit Pencucian	Komponen	Debit Air Limbah (L/menit)	Jumlah Kereta Yang Dicuci / hari	Debit Puncak		Debit Tiap Unit	
				(L/menit)	(m <sup>3</sup> /s)	(L/menit)	(m <sup>3</sup> /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

### 3.2 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 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 (m<sup>3</sup>/s)



Contoh perhitungan untuk notasi a1-a2:

$$S_{min} = 0,01 \times 0,03^{0,667} = 0,001 \text{ m/m}$$

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

Tabel 3.4 Perhitungan Slope Saluran

Saluran	Q	S <sub>min</sub>
	(m <sup>3</sup> /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

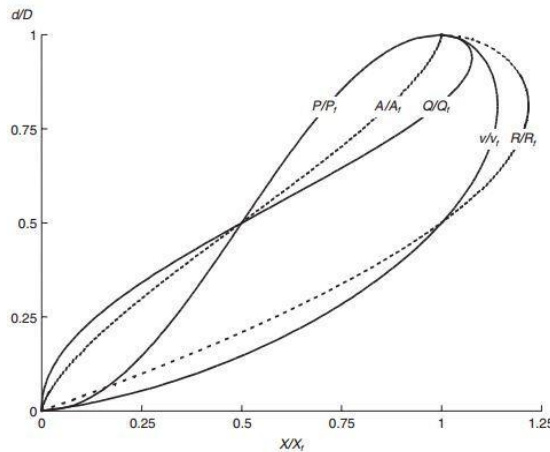
Sumber : Olah Data Primer, 2018

### 3.3 Perhitungan Dimensi Pipa

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.



Gambar 3.1 Grafik Elemen Hidrolis

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:

$$Q_p = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d/D = 0,7$$

$$Q_p/Q_{full} = 0,85$$

$$Q_{full} = Q_p / Q_p/Q_{full} \\ = 0,0005 / 0,85 = 0,0006 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = 0.012$$

$$s = 0,001 \text{ m/m}$$

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

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

$$\text{Tinggi Basah} = d/D \times \text{diameter}$$

$$= 0,7 \times 0,15 \text{ m}$$

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

Berikut ini pada Tabel 3.5 merupakan hasil perhitungan dimensi pipa pada masing-masing saluran:

Tabel 3.5 Perhitungan Dimensi Pipa

Saluran	Debit Puncak	d/D	Qp/Qfull	Qfull	n	Slope Saluran	Diameter Teoritis		Diameter Digunakan (d)			Tinggi Basah
	(m <sup>3</sup> /s)	(0,6 - 0,8)	(Grafik)	(m <sup>3</sup> /s)		(m/m)	(m)	(mm)	(m)	(mm)	(inch)	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

### 3.4 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:

$$n = 0,012$$

$$D = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Slope} = 0,001$$

$$Q_p = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{full}} = \frac{\left(\frac{D}{4}\right)^{0,67} \times S^{0,5}}{n}$$

$$= \frac{\left(\frac{0,15}{4}\right)^{0,67} \times 0,001^{0,5}}{0,012} = 0,92 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{full}} = 0,0006$$

$$Q_p/Q_{\text{full}} = 0,85$$

$$d/D = 0,7$$

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

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 3.6 Perhitungan Kontrol Kecepatan

Saluran	Diameter	Slope	n	Vfull	Q full	Q peak (m <sup>3</sup> /s)	Qpeak/ Qfull	d/D	V peak / V full	V Peak	Self Cleansing Velocity
	(m)	(m/m)		(m/s)	(m <sup>3</sup> /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.

### 3.5 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).

Untuk perhitungan kedalaman galian pipa dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.7 Kedalaman Galian Pipa

Saluran	Slope	Panjang pipa	Kedalaman Galian	Level Dasar Pipa		Level Muka Air
				Awal	Akhir	
	m/m	m	m		m	
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

### 3.6 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.

#### 4. RENCANA ANGGARAN BIAYA

Kegiatan : Tugas Akhir.

Pekerjaan : Pembangunan Jaringan Perpipaan Air Limbah.

Lokasi : PT. Kereta Api Indonesia (Persero), UPT. Balai Yasa Yogyakarta.

Tahun : 2018

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kebutuhan	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>I</b>	<b>Pekerjaan Tanah</b>				
	1. Galian	m <sup>3</sup>	302	Rp 19.199,00	Rp 5.798.098,00
	2. Urugan	m <sup>3</sup>	277,4	Rp 7.008,00	Rp 1.944.019,20
	<b>Total</b>				<b>Rp 7.742.117,20</b>
<b>II</b>	<b>Pekerjaan Pipa</b>				
	6 Inch	Buah	52	Rp 726.600,00	Rp 37.783.200,00
	8 Inch	Buah	42	Rp 1.112.400,00	Rp 46.720.800,00
	<b>Total</b>				<b>Rp 84.504.000,00</b>
<b>III</b>	<b>Pekerjaan Bak Kontrol</b>				
	1. Galian	m <sup>3</sup>	63	Rp 19.199,00	Rp 403.179,00
	2. <i>Precast</i>	buah	14	Rp 1.221.550,00	Rp 17.101.700,00
	3. <i>Cover</i>	buah	14	Rp 691.240,00	Rp 9.677.360,00
<b>Total</b>				<b>Rp 27.182.239,00</b>	
<b>RAB Total</b>					
				<b>Rp</b>	<b>119.428.356,20</b>
<b>Terbilang (Seratus Sembilan Belas Juta Empat Ratus Tiga Puluh Ribu Rupiah)</b>					

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Terkait dengan perencanaan jaringan perpipaan air limbah di UPT. Balai Yasa Yogyakarta kesimpulan berkaitan dengan hal – hal tersebut adalah :

1. Sistem yang diterapkan pada perencanaan jaringan perpipaan air limbah ini adalah sistem terpisah dengan air hujan.
2. Jaringan perpipaan yang direncanakan mencakup 7 unit pencucian lokomotif yang saat ini beroperasi di UPT. Balai Yasa Yogyakarta.
3. Debit air yang digunakan selama proses pencucian dalam 1 hari totalnya adalah 0,01 m<sup>3</sup>/s sedangkan debit air limbah yang akan disalurkan ke IPAL adalah 0,005 m<sup>3</sup>/s.
4. Jenis pipa yang digunakan adalah pipa PVC (Polyvinyl Chloride) khusus air buangan *Rucika Lite* SDR41 dengan rentang diameter antara 6-8 inch.
5. Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan sebesar Rp 119.430.000,00 atau terbilang Seratus Sembilan Belas Juta Empat Ratus Tiga Puluh Ribu Rupiah.

### 5.2. Saran

Untuk perencanaan hal – hal yang disarankan adalah :

Apabila rencana ini terlaksana, maka perlunya pembuatan *as built drawing* yang sesuai dengan kondisi lapangan untuk mengetahui kondisi nyata jaringan perpipaan air limbah setelah dibangun untuk memudahkan apabila dilakukan rencana pengembangan maupun *maintenance*.



## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Claudia Wendland (2010). *Sustainable and Cost-effective Wastewater System*. WECF e.v. Germany.
- Halim Hasmar (2002). *Drainase Terapan*. UII Press.
- H.E. Babbitt (1969). *Sewage and Sewerage Treatment Plant*. McGraw-Hill Company.
- Joel A. Tarr (2009). *The Separate vs. Combined Sewer Problem*. *Sage Journal*. 55. 130-135.
- Joy Irman (2013). *Penyusunan Rencana Induk Pengelolaan Air Limbah*. Nawasis.
- Kementrian Pekerjaan Umum (2014). *Kriteria Teknis Prasarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum (2014). *Draft Pedoman Jaringan Perpipaan Air Limbah*. Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum (2016). *Buku 3 Sistem Pengelolaan Air Limbah Terpusat*. Jakarta.
- Metcalf dan Eddy (2003). *Waste Water Engineering Treatment and Reuse, The Fourth Edition*. McGraw-Hill Company.
- Moh. Masduki. 2000. *Penyaluran Air Limbah Biaya Murah Volume II*. Institut Teknologi Bandung.
- Nelson J.G. Carrico (2014). *A case study of rainfall derived infiltration and inflow of a separate sanitary sewer system*. *Jornadas de Hidráulica*. 2. 4-5.
- Punmia B.C and Ashok Jain (2013). *Waste Water Engineering, 5th edition*. Departement of Civil Engineering & Dean, Faculty of Engineering M.B.M.
- Restu Wigati (2012). *Analisis Pengaruh Kemiringan Dasar Saluran Terhadap Distribusi Kecepatan dan Debit Aliran*. *Jurnal Fondasi*. 1. 9-10.
- Sara De Toffol (2006). *Sewer System Performance Assessment – An Indicators Based Methodology*. *Water Science & Technology*. 54. 6-7.
- Satria Rakhmananda (2016). *Rencana Teknis Penyaluran Air Buangan Sistem Terpusat Kabupaten Kudus*. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 5. 6-9.
- Soeparman dan Suparmin (2002). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Buku Kedokteran EGC.
- Solomon Seyoum (2016). *Type of Sewer System*. UNESCO-IHE.