

BAB III

METODE PERENCANAAN

3.1 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.

3.1.1 Sistem Jaringan Perpipaan

Sistem perpipaan pada air limbah berfungsi untuk membawa air limbah dari satu tempat ke tempat lain agar tidak terjadi pencemaran pada lingkungan sekitarnya. Prinsip pengaliran air limbah pada umumnya adalah gravitasi tanpa tekanan, sehingga pola aliran adalah seperti pola aliran pada saluran terbuka. (Kementerian Pekerjaan Umum, 2014).

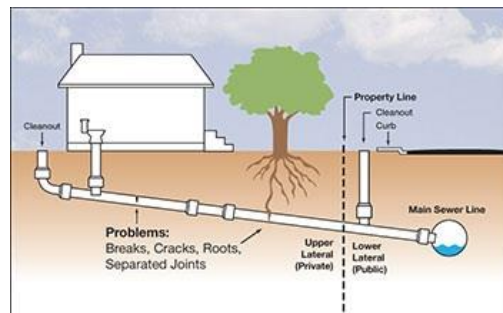
Jaringan pipa air buangan terdiri dari:

- Pipa kolektor (lateral) sebagai pipa penerima air buangan dari sumber dan dialirkan ke pipa utama.
- Pipa utama (*main pipe*) sebagai pipa penerima aliran dari pipa kolektor untuk disalurkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau ke *trunk sewer*.
- *Trunk sewer* digunakan pada jaringan pelayanan air limbah yang luas (> 1.000 ha).

3.1.2 Sistem Sanitasi Terpusat

Menurut Claudia Wendland (2010), pengelolaan air limbah secara terpusat merupakan pendekatan konvensional di banyak negara. Hal ini ditandai dengan pengumpulan dan penyaluran air limbah oleh saluran pembuangan secara terpusat ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dimana air limbah diolah pada kondisi yang relatif terkendali.

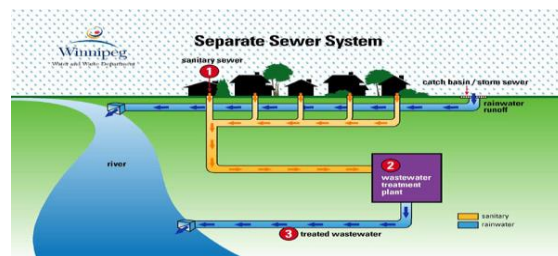
Secara keseluruhan konsep satu IPAL terpusat dianggap sebagai investasi jangka panjang dengan biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan dengan beberapa pengolahan skala kecil (setempat). Selain itu, penerapan sistem ini khususnya pada suatu unit perusahaan/ industri lebih efektif karena memudahkan dari segi kontrol prosedur operasi dan pemenuhan standar kualitas air limbah yang akan dibuang ke badan air.



Gambar 3 1 Skema Sistem Sanitasi Terpusat

3.1.3 Sistem Saluran Terpisah

Separate Sewer System adalah suatu sistem penyaluran air limbah dimana air limbah dikumpulkan pada suatu jaringan tersendiri secara tertutup dan disalurkan ke unit pengolahan sebelum dibuang ke badan air, sedangkan air hujan yang melimpas dikumpulkan secara terpisah pada suatu jaringan pengumpul sehingga tidak tercemar oleh limbah dan memungkinkan untuk dimanfaatkan kembali, (Sara De Toffol, 2006).



Gambar 3 2 Skema Penyaluran Air Limbah Secara Terpisah

Selain karena dapat mengelola masing-masing air limbah dan air hujan sesuai dengan peruntukannya, keuntungan lain yang didapat dari sistem penyaluran yang terpisah adalah minimnya resiko terjadinya *overflow* karena debit air yang dialirkan sesuai dengan sumbernya, karena apabila terjadi *overflow* sangat memungkinkan air limbah akan mencemari tanah disekitarnya maupun dapat berpengaruh pada kesehatan manusia, (Joel Tarr, 2009).

Dalam perencanaan sistem saluran terpisah, yang harus diperhatikan adalah kemungkinan masih terdapatnya limpasan air hujan (*inflow*) yang masuk ke saluran air limbah. Seringkali limpasan air hujan masuk dari koneksi pipa talang pada atap bangunan, kebocoran pada pipa serta aliran tak terdeteksi yang masih terhubung ke saluran air limbah. Apabila intensitas hujan sedang tinggi dan tercampur dengan air limbah, debit air limbah akan naik serta dikhawatirkan akan membebani unit pengolahan sehingga pengolahan air limbah menjadi tidak efektif. Oleh karena itu perlunya pemutusan atau perubahan arah aliran air hujan dengan benar, (Nelson Carrico, 2014).

3.2 Kriteria Desain

3.2.1 Bahan Perpipa

Pemilihan bahan pipa harus betul-betul dipertimbangkan mengingat air limbah banyak mengandung bahan dapat yang mengganggu atau menurunkan kekutan pipa. Demikian pula selama pengangkutan dan pemasangannya, diperlukan kemudahan serta kekuatan fisik yang memadai. Sehingga 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

3.2.2 Kecepatan dan Kemiringan Pipa

1. Kemiringan pipa minimal diperlukan agar di dalam pengoperasiannya diperoleh kecepatan pengaliran minimal guna mengurangi gangguan endapan di dasar pipa;
2. Koefisien kekasaran Manning untuk berbagai bahan pipa

Tabel 3 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

3. 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 3 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 (m³/s)

3.2.3 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

3.3.3 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 3 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.

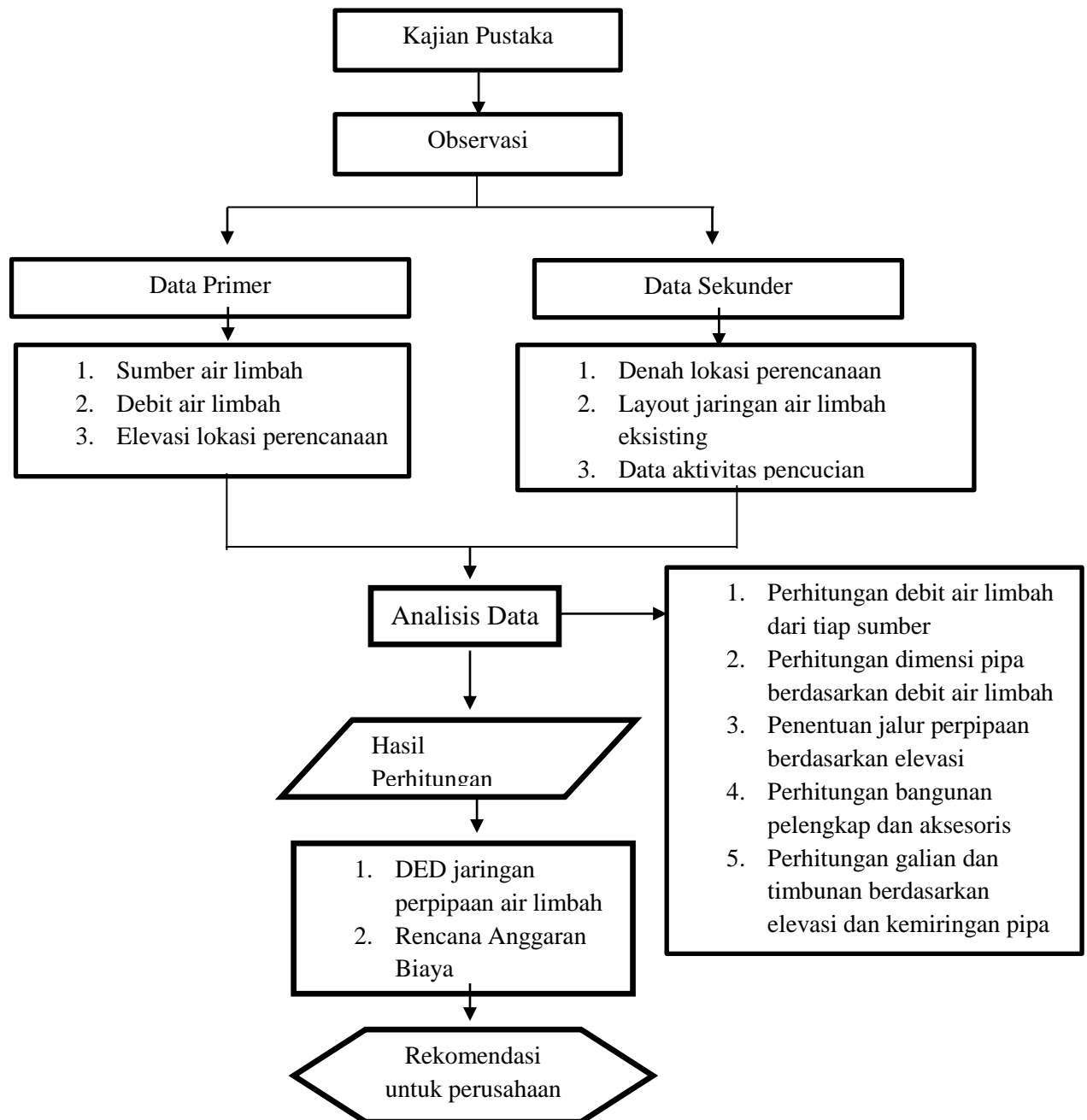
- a. *Manhole* dangkal : kedalaman (0,75-0,9) m, dengan cover kedap
- b. *Manhole* normal : kedalaman 1,5 m, dengan cover berat
- c. *Manhole* dalam : kedalaman di atas 1,5 m, dengan cover berat

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metoda pengumpulan data dimulai dari studi literatur untuk mencari jurnal ataupun buku panduan yang berkaitan dengan penyaluran air limbah. Dilakukan survei lokasi untuk mengetahui gambaran kondisi eksisting dari sistem penyaluran air limbah pada lokasi perencanaan.

Data dikelompokkan menjadi 2 yaitu, data primer dan data sekunder dimana data primer merupakan data yang didapatkan dari pengukuran dan pengamatan secara langsung dilokasi perencanaan. Sedangkan data sekunder merupakan data yang bersumber dari literatur tertentu yang nantinya kedua data akan dikelola untuk saling mendukung ataupun melengkapi antara satu dengan lainnya didalam merencanakan sistem penyaluran air limbah. Tahapan penelitian secara skematis terdapat pada Gambar 3.3:

Berikut skema tahapan penelitian yang akan dilaksanakan:



Gambar 3 3 Skema Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan mencari referensi materi yang bersumber dari buku, jurnal ataupun laporan yang mencangkup tentang perencanaan penyaluran air limbah.

3.3.2 Survei Lokasi

Survei lokasi adalah kegiatan untuk mengetahui tentang kondisi dari lokasi yang akan direncanakan penyaluran air limbah serta mengurus beberapa persyaratan perijinan untuk melaksanakan tugas akhir di lingkup perusahaan.

3.3.3 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dilapangan, adapun data primer dari perencanaan meliputi :

a. Penentuan Debit Air Limbah

Debit air limbah diukur dengan dengan pembacaan meter air yang terdapat pada masing-masing pompa air yang digunakan di unit pencucian kereta. Pembacaan meter air disesuaikan dengan SNI 2574-2008. Selanjutnya langkah-langkah untuk perhitungan debit dijelaskan dibawah ini:

- Volume Air

Angka yang terdapat pada kotak meter air menunjukkan berapa m^3 volume air yang dikeluarkan dari pompa air.



Angka berwarna hitam menunjukkan kubikasi volume, sedangkan angka berwarna merah akan dibaca 1 m^3 kubik ketika telah mencapai angka 500.

- Debit Air yang Digunakan

Dari pembacaan volume pada meter air, dapat ditentukan debit air bersih per satuan waktu. Dalam hal ini debit didapatkan dari pengukuran volume air dan waktu yang digunakan tiap satu kali proses pencucian masing-masing alat/komponen, selengkapnya pada Tabel 3.1:

Tabel 3 4 Perhitungan Debit Air yang Digunakan

Unit Pencucian	Komponen	Volume Air Tiap Komponen (m ³)	Waktu Pencucian Tiap Komponen (s)	Jumlah Komponen / Lokomotif	Volume Total (m ³)	Waktu Total (s)	Debit Air yang Digunakan (m ³ /s)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
1	a	Pengukuran dengan meter air	Pengukuran dengan <i>stopwatch</i>	Data Sekunder (Wawancara)	(c) x (e)	(d) x (e)	(f) x (g)
	b						
2	a						
	b						
3	a						
	b						

- Debit Air Limbah

Debit air bersih yang telah dihitung kemudian ditambahkan dengan presentase komponen pencemar dalam proses pencucian yaitu oli, pelumas, solar, dan soda api serta dikalikan dengan presentase air yang masuk ke saluran. Asumsi presentase komponen pencemar dan air yang masuk ke saluran didapatkan dari hasil pengamatan lapangan maupun wawancara dengan pihak terkait. Dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 3 5 Perhitungan Debit Air Limbah

Unit Pencucian	Komponen	Debit Air yang Digunakan (m ³ /s)	Preentase Komponen Pencemar	Presentase Air yang Masuk Saluran	Debit Air Limbah (m ³ /s)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	a	Data Primer	Data Primer	Data Primer	((c) + ((c) x (d)) - ((c) x (e)))
	b				
2	a				
	b				
3	a				
	b				

- Debit Puncak

Debit puncak air limbah dalam sehari didapat dari hasil debit air limbah tiap pencucian dikalikan dengan jumlah lokomotif yang dapat dicuci dalam 1 hari.

b. Penentuan Slope Saluran

Sistem pengaliran diusahakan secara gravitasi sehingga perencanaan jaringan perpipaan harus memperhatikan kontur. Berikut langkah penentuan slope saluran:

- Pengukuran Elevasi

Elevasi diukur menggunakan altimeter dengan prinsip kerja tekanan udara dan ketelitian antara 1-2 m. Pengukuran dilakukan pada jaringan perpipaan eksisting dan dimulai pada satu titik awal (triangulasi) yang telah diketahui ketinggiannya berdasarkan data sekunder ataupun aplikasi *Google Earth*.

Pengukuran dilakukan secara *loop*, bergerak dari titik triangulasi ke sepanjang saluran limbah eksisting dan kembali lagi ke titik triangulasi dengan tujuan agar bisa dilakukan koreksi.

- Perhitungan Slope

Slope saluran perlu dihitung sebagai dasar penentuan penanaman pipa agar aliran air limbah dapat mengalir secara gravitasi menuju unit pengolahan. Slope saluran dihitung berdasarkan elevasi yang dilalui saluran dengan panjang pipa yang direncanakan, dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 3 6 Perhitungan Slope Saluran

Saluran	Panjang Pipa (L)	Elevasi Tanah		Slope Saluran (Sd)
		Awal (h0)	Akhir (hx)	
	m	m	m	m/m
A-B	Pengukuran dengan meter ukur	Pengukuran dengan altimeter		$Sd = \frac{hx - h0}{L}$
B-C				

c. Penentuan Dimensi Pipa

Penyaluran air limbah diusahakan melalui jalur dan waktu alir sesingkat mungkin menuju instalasi pengolahan air limbah (IPAL) terpusat. Untuk menentukan dimensi saluran dapat dilakukan sebagai berikut:

- Perhitungan debit desain

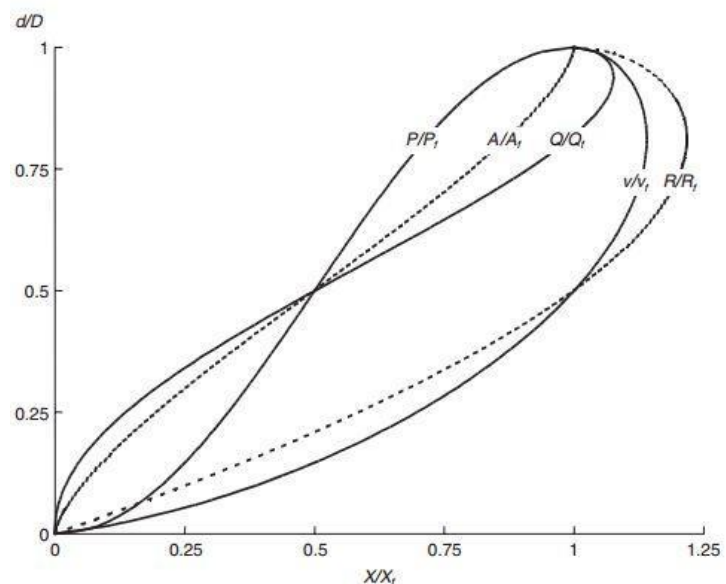
Untuk menghitung debit desain, terlebih dahulu dilakukan penentuan d/D dan Q_p/Q_{full} .

- Penentuan d/D

d/D merupakan perbedaan tinggi renang dengan diameter pipa yang dapat diasumsikan antara 0,6-0,8 m^3/s pada saat debit puncak

- Penentuan Q_p/Q_{full}

Q_p/Q_{full} didapatkan dari pembacaan grafik elemen hidrolis untuk saluran berbentuk lingkaran berdasarkan d/D yang telah di asumsikan sebelumnya. Seperti di tunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3 4 Grafik Elemen Hidrolis

Sumber: Punmia, B.C. 2013.

- Debit Desain

Formula yang digunakan untuk perhitungan dimensi untuk pipa berbentuk bulat pada saat debit penuh adalah:

$$Q_{full} = \frac{Q_p}{Q_p/Q_{full}}$$

Dimana:

Q_{full} = Debit saat saluran penuh m³/s

Q_p = Debit Puncak Air Limbah, m³/s

Q_p/Q_{full} = Perbandingan antara debit puncak dan debit penuh pada pipa

• Perhitungan Dimensi Pipa

Formula yang digunakan untuk menghitung diameter pipa sebagai berikut:

$$d = \left(\frac{Q_{full} \times n}{0.3118 \times S^{0.5}} \right)^{3/8}$$

Dimana:

d = Diameter Pipa, m

n = Koefisien Kekasaran Pipa (Hazen-William)

S = Slope Saluran

d. Penanaman Pipa

Penanaman pipa disesuaikan dengan *slope* saluran yang telah diperhitungkan agar air limbah dapat mengalir secara gravitasi. Kedalaman awal penanaman pipa dapat diasumsikan antara 0,45 - 1 meter, letak pipa primer harus lebih rendah dari pipa sekunder dan tersier agar aliran air limbah dapat terjadi secara gravitasi.

- Level Dasar Pipa = h₀ – Penanaman Awal – D pipa

$$- \text{ Kedalaman Pipa} = \text{Muka Tanah} - \text{Level Dasar Pipa}$$

3.3.4 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data tambahan yang diperlukan sebagai referensi untuk mendukung data primer dalam merencanakan saluran perpipaan air limbah. Adapun data yang diperlukan berupa :

a. Denah Lokasi Perencanaan

Denah lokasi diperlukan untuk mengetahui titik-titik sumber air limbah yang digunakan untuk menunjang penentuan peletakan jaringan perpipaan menuju ke IPAL. Data ini didapat dari arsip UPT. Balai Yasa Yogyakarta.

b. Layout Jaringan Eksisting

Jaringan perpipaan eksisting didapatkan dari arsip UPT. Balai Yasa Yogyakarta yang digunakan sebagai bahan evaluasi titik-titik saluran yang harus ditutup guna mencegah tercampurnya air hujan dan air limbah.

c. Data Aktivitas Pencucian

Data ini digunakan untuk mengetahui debit puncak air limbah dari banyaknya jumlah lokomotif yang mampu dicuci setiap harinya.

3.3.5 *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Bill of quantity merupakan perhitungan detail dari pekerjaan pembangunan saluran air limbah, baik berupa jumlah pipa tiap diameter, maupun galian dan timbunan yang akan dikerjakan. Perhitungan BOQ berdasarkan upah jasa dan material yang berlaku di Kota Yogyakarta, sedangkan RAB adalah rekapitulasi anggaran biaya keseluruhan proses pembangunan saluran air limbah