

Studi Perencanaan Pengembangan Sistem Perpipaan IPAL Komunal Di Kelurahan Sindangbarang Kota Bogor

Tazul Arifin^{1*}, Muhamad Lutfi¹, Alimuddin¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor, Bogor, Jl. Raya KH. Sholeh Iskandar KM.2 16162

*Corresponding Author : arifintazul03@gmail.com

Abstrak

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal menjadi perhatian di daerah padat penduduk, seperti di RT 03 RW 01 Kelurahan Sindangbarang, Kota Bogor dengan luas $\pm 1,82$ ha yang dikategorikan sebagai daerah dengan kepadatan tinggi dengan angka kepadatan penduduk 200–400 jiwa/ha. Terdapat 139 bangunan rumah, sebuah IPAL dan MCK umum disana. Namun rumah yang sudah terlayani IPAL baru 58 rumah dengan rincian 308 jiwa. Penyebab kurang optimalnya pelayanan IPAL yaitu posisi buangan air limbah dari rumah warga yang berada dibawah bak *inlet* IPAL, tidak bersedianya pemilik rumah untuk dilakukan pemasangan perpipaan ke IPAL, dan terbatasnya biaya. Bagi sebagian masyarakat disana, pembuangan air limbah seperti *grey water* dan *black water* masih menggunakan saluran terdekat dan cubluk. Maka dari itu diperlukan pengembangan sistem perpipaan induk IPAL guna menjaga lingkungan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi literatur, observasi, dan *interview*. Terdapat 19 rumah dengan rincian 74 jiwa yang akan direncanakan untuk mengoptimalkan layanan IPAL. Pengembangan layanan IPAL pada sistem perpipaan induk terbagi menjadi 11 segmen, menggunakan pipa $\varnothing 4''$ dan $\varnothing 6''$ masing-masing sepanjang ± 60 m dan $\pm 120,7$ m, dengan kemiringan sebesar 0,7%. Mayoritas kecepatan aliran pada pipa sudah memenuhi standar *self cleansing* yaitu minimal 0,6 m/detik dan maksimal 3 m/detik. Anggaran biaya yang diperlukan adalah Rp. 41.709.110,-.

Kata kunci: Kecepatan aliran, sistem perpipaan, IPAL

Abstract

The communal wastewater treatment plants (WWTP) being a concern in densely populated areas, like in RT 03 RW 01 Sindangbarang Village, Bogor City with an area of $\pm 1,82$ ha which was categorized as high density area with population density of 200–400 people/ha. There were 139 houses, the WWTP, and public toilet there. But, houses that have been serviced by the WWTP were only 58 houses with 308 people. The reasons for less optimal WWTP services were the position of wastewater at house was under the entrance of the WWTP, the unavailability of homeowners to install the piping to the WWTP, and limited cost. For the half of society there, the wastewater disposal such as grey water and black water still uses the closest channels and cubicles. Therefore, it was necessary to develop WWTP's parent piping system to maintain environment. The methods that were used are literature studies, observation method, and interviews. 19 houses with a total of 74 people will be planned to optimize WWTP services. The development of WWTP services in the main piping system is divided to 11 segments, using $\varnothing 4''$ and $\varnothing 6''$ pipes, respectively ± 60 and ± 120.7 m, slope 0,7%. The majority of the flow velocity in the pipeline has met the standard of self-cleansing which is minimum of 0,6 m/sec and a maximum of 3 m/sec. The budget that's needed is Rp. 41.709.110,-.

Keywords : Velocity flow, piping system, WWTP

PENDAHULUAN

Kota Bogor telah melaksanakan pembangunan sanitasi melalui program *Islamic Development Bank*(SANIMAS IDB) dimana SANIMAS IDB merupakan program sanitasi berbasis masyarakat yang ditujukan untuk menyediakan sarana pengolahan air limbah bagi masyarakat di daerah kumuh padat perkotaan. Terkait permasalahan sanitasi air limbah di lingkungan masyarakat Kelurahan Sindangbarang, pemerintah sudah melaksanakan program tersebut pada tahun 2018, yaitu dengan dibangunnya Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) komunal yang lokasinya berada di RT 03 RW 01. Warga sekitar sendiri yang mengelola baik penggunaan maupun perawatannya.

Beberapa masalah yang ditemukan setelah melakukan studi lapangan yaitu: kurangnya kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga sanitasi lingkungan dengan menerapkan pola perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS), kondisi buangan air limbah rumah warga baik yang berasal dari *grey water* maupun *black water* berada dibawah ketinggian permukaan bak *inlet* IPAL komunal sehingga tidak memungkinkan saluran pipa buangan rumah untuk menyambung ke IPAL, adanya konflik antar rumah warga (tetangga) yang tidak bersedia untuk memberikan bagian tanah halaman rumahnya untuk dilewati pipa saluran IPAL, dan terbatasnya biaya.

Rencana pemecahan masalah sesuai dengan rincian diatas yaitu: melakukan sosialisasi terhadap masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan dengan menerapkan pola perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) sehingga masyarakat akan lebih peduli terhadap lingkungannya, kemudian dapat dilakukan perencanaan pengembangan sistem pipa induk IPAL komunal.

IPAL berfungsi untuk menanggulangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh aktifitas rumah tangga seperti kotoran tinja dan urin (*black water*) dan air limbah dari kegiatan mandi, mencuci dan dapur (*grey water*). Tujuan dibangunnya IPAL adalah karena kondisi sarana sanitasi yang tidak memadai dan kondisi sosial masyarakatnya yang tergolong menengah ke bawah yang ditunjukkan dengan sarana sanitasi yang sederhana. Berdasarkan data Rencana Kegiatan Masyarakat (RKM) SANIMAS IDB Tahun

Anggaran 2018 pembuatan IPAL ini melibatkan masyarakat RT 03 RW 01 yang bekerja sama dengan Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Roda Emas, Badan Keswadayaan Masyarakat (BKM) Sindangbarang Bersatu Kelurahan Sindangbarang. Pembangunan IPAL dibangun di atas lahan hibah warga sebesar 42 m².

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi dan permasalahan pada sistem pelayanan IPAL guna mengoptimalkan pelayanan IPAL yang berada di RT 03 RW 01 Kelurahan Sindangbarang, Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor, dan untuk mengetahui berapa biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan pengembangan sistem perpipaan induk baru.

Sistem perpipaan IPAL komunal menyesuaikan ukuran buangan pipa yang terdapat pada rumah yang akan direncanakan untuk penyambungan pipa menuju IPAL, baik perpipaan *blackwater* maupun *grey water*. Desain ukuran pipa untuk perencanaan baru maupun pengembangan sistem pipa mengikuti standar kebutuhan daya tampung yang diperuntukan untuk sambungan rumah, pipa layanan dan pipa utama. Kemiringan pipa atau *slope* pada sambungan rumah, pipa layanan ataupun pipa utama yang akan dilayani sistem IPAL memiliki standar kemiringan, berdasarkan Rencana Teknik Rinci Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik (SPALD) 2018 ukuran pipa dan kemiringan pipa dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kriteria Perencanaan Pemasangan Sistem Perpipaan IPAL Komunal

ØPipa (Inci)	Slope (%)	Kapasitas (Jiwa)	Keterangan
3"	1 – 2	25	Sambungan Rumah
4"	0,7 – 1	150	Pipa Layanan
6"	0,5 – 0,7	400	Pipa Utama

Sumber: Rencana Teknik Rinci SPALD Peningkatan Kapasitas TFL Sanimas IDB 2018

Berdasarkan Panduan Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) (2018:19), secara umum pengaliran air limbah

domestik diupayakan dengan menggunakan metode aliran gravitasi. Metode aliran gravitasi dilakukan dengan merekayasa kemiringan pipa sehingga air limbah domestik dapat mengalir berdasarkan beda elevasi. Kecepatan aliran air limbah domestik di dalam perpipaan harus dirancang agar memiliki kemampuan *self cleansing* guna mengurangi endapan padatan atau pasir yang berpotensi terjadi di sepanjang sistem perpipaan. Pada kondisi aliran parsial atau setengah penuh, kecepatan aliran air limbah domestik harus didesain pada minimum 0,6 m/detik dan maksimum 3 m/detik. Kecepatan aliran air limbah domestik juga direncanakan tidak melebihi kecepatan maksimum untuk meminimalkan potensi adanya gerusan terhadap permukaan pipa.

Analisis pengaliran didasarkan pada rumus aliran saluran terbuka dimana penampang saluran berbentuk lingkaran (pipa bulat). Analisis tersebut akan menghasilkan debit saluran yang merupakan perkalian dari kecepatan aliran dan luas penampang yang dialiri (Bambang Triatmodjo, 1995), sehingga debit saluran dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = V \times A \quad (1)$$

$$V = \frac{1}{49} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2)$$

$$S = \frac{\Delta H}{L} \quad (3)$$

Keterangan:

Q : Debit yang mengalir di saluran (m³/dt)

V : Kecepatan aliran (m/dt)

A : Luas penampang basah (m²)

R : Jari-jari hidrolis (m)

S : Kemiringan (*Slope*)

n : Koefisien kekasaran dinding saluran (koefisien *manning*)

ΔH: Selisih ketinggian/elevasi (m)

L : Panjang pipa (m)

Untuk menghitung kecepatan, diperlukan parameter jari-jari hidrolis yang merupakan perbandingan antara luas penampang yang dialiri air dengan keliling basah saluran (Bambang Triatmodjo, 1995), jari-jari hidrolis dapat dicari dengan rumus berikut.

$$R = A/P \quad (4)$$

$$P = 2r\theta \quad (5)$$

$$A = r^2 \left(\theta - \frac{\sin 2\theta}{2} \right) \quad (6)$$

$$\theta = \arccos \frac{r-d}{r} \quad (7)$$

Keterangan:

R : Jari-jari hidrolis (m)

A : Luas penampang yang dialiri (m²)

P : Keliling basah (m)

r : Jari-jari pipa saluran (m)

θ : Sudut aliran (rad)

d : Tinggi air di saluran (m)

Koefisien *Manning* (n) untuk aliran melalui pipa dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Koefisien *Manning* (n) untuk Aliran Melalui Pipa

No	Jenis Saluran	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 pemasangan 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 (<i>Vitrified clay</i>)	0,011 – 0,015

(Sumber: Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Buku A: Pedoman Perencanaan Teknik Terinci SPALD-T Ditjen Cipta Karya 2018)

Menurut Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) 2018, perhitungan debit air limbah domestik yang bersumber dari permukiman dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan populasi terhadap pemakaian air minum yang menjadi air limbah domestik pada setiap blok

pelayanan. Adapun persentase timbulan air limbah domestik yakni sebesar 60–80% dari pemakaian air minum. Pemakaian air minum kawasan diperoleh melalui Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Pemakaian Air Minum Kawasan

No	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air (L/Penghuni/Hari)
1	Rumah Susun	100
2	Asrama	120
3	Sekolah Dasar	40
4	SLTP	50
5	SMU/SMK	80
6	Ruko/Rukan	100
7	Kantor/Pabrik	50
8	Toserba/Toko/ Pengecer	5
9	Restoran	15
10	Hotel Berbintang	250
11	Stasiun/ Terminal	3
12	Peribadatan	5

(Sumber: Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Buku A: Pedoman Perencanaan Teknik Terinci SPALD-T Ditjen Cipta Karya 2018)

Parameter yang digunakan untuk perhitungan dalam menentukan jumlah debit air limbah yang dihasilkan baik dari *grey water* maupun *black water* dan sedimentasi dari penggunaan air bersih pada aktivitas rumah tangga adalah: kebutuhan air/orang/hari yang ditentukan, volume air limbah (q) yang dihasilkan akibat aktivitas rumah tangga ditentukan besarnya adalah 80%.

Menurut Rencana Kegiatan Masyarakat (RKM Sindangbarang, 2018), penggunaan air bersih adalah ± 100 liter/jiwa/hari dan besaran endapan lumpur yang dihasilkan dari penggunaan air bersih sebesar 6%. Untuk mengetahui besaran debit air limbah *grey water* dan *black water* beserta besaran sedimentasi (endapan lumpur) yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$q = 80\% \times \text{Volume pemakaian air bersih} \quad (8)$$

$$Q_{\text{limbah}} = p \times q \quad (9)$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 6\% \times \text{volume limbah} \quad (10)$$

Keterangan:

q : Volume air limbah (liter/hari/jiwa)

p : Jumlah jiwa

Q_{limbah} : Debit air limbah yang dihasilkan (m^3/hari)

Q_{lumpur} : Limbah padat/sludge/lumpur (m^3/hari)

METODE

Metode pada penelitian ini secara garis besar terdiri dari 4 tahap. Tahap pertama adalah studi literatur untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan permasalahan yang menjadi objek penelitian. Tahap kedua adalah pengumpulan data primer dan data sekunder. Pada tahap kedua ini data primer diperoleh dari lokasi penelitian dengan melakukan observasi lapangan, melakukan *interview* melalui formulir kuisisioner ke setiap rumah guna memperoleh data yang akurat dan mengetahui potensi dan permasalahan mengenai pembuangan air limbah. Sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi yang terkait dengan pembangunan IPAL sebagai sumber informasi yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan penelitian. Tahap ketiga adalah analisis data mulai dari analisis untuk kondisi eksisting hingga analisis untuk kondisi yang akan direncanakan menjadi informasi yang mudah dipahami dengan menggunakan bantuan *software* Google Earth dan ArcMap 10.3 untuk memetakan wilayah seperti posisi rumah, posisi bak kontrol eksisting dan yang akan direncanakan, posisi pipa eksisting dan yang akan direncanakan, serta menggunakan Microsoft Office Excel 2013 untuk mengolah data yang berkaitan dengan angka seperti perhitungan kecepatan rencana perpipaan dan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB). Tahap keempat adalah penarikan kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian dilaksanakan di RT 03 RW 01 Kelurahan Sindangbarang, Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor. Terdapat 139 bangunan rumah dengan luas wilayah $\pm 1,82$ ha (sumber: pengukuran melalui Google Earth) dengan jumlah penduduk (yang terdata melalui

formulir kuisioner) sebanyak 554 jiwa. Adapun posisi setiap bangunan ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Posisi Bangunan

Dari gambar diatas, terlihat bahwa wilayah tersebut merupakan wilayah yang padat karena posisi setiap bangunan jaraknya berdekatan. Kepadatan penduduk dihitung berdasarkan jumlah penduduk suatu daerah per luas wilayah daerah tersebut, sehingga dapat diketahui nilai kepadatan penduduk dalam satuan jiwa/ha. Ketentuan dalam klasifikasi untuk tingkat kepadatan penduduk di perkotaan berdasarkan SNI 03-1733-2004 tentang tata cara perencanaan lingkungan perumahan di perkotaan digambarkan dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Klasifikasi Tingkat Kepadatan Penduduk

No	Kepadatan Penduduk	Klasifikasi
1	<150 jiwa/ha	Rendah
2	121 – 200 jiwa/ha	Sedang
3	200 – 400 jiwa/ha	Tinggi
4	>400 jiwa	Sangat Tinggi

Sumber: SNI 03-1733-2004 tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan

Untuk mengetahui klasifikasi kepadatan penduduk di suatu daerah digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kepadatan} = \frac{\text{Jumlah Penduduk}}{\text{Luas Wilayah}}$$

Keterangan:

Jumlah Penduduk = Jiwa

Luas Wilayah = Ha

Kepadatan = Jiwa/Ha

Berdasarkan rumus tersebut, diperoleh nilai kepadatan penduduk sebesar 304,39 jiwa/ha (dibulatkan menjadi 305 jiwa/ha), sehingga RT 03 RW 01 ini diklasifikasikan sebagai pemukiman dengan kepadatan tinggi.

Gambaran Umum IPAL Komunal

IPAL yang berada di RT 03 RW 01 ini terletak persis di tepi sungai Cisindangbarang dan di sekitarnya terdapat pemukiman warga. IPAL tersebut dibangun dari tanah hibah seluas 42 m², dengan dimensi 11,83 m x 2,85 m. Adapun peta lokasinya dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Peta Lokasi IPAL



Gambar 3. Bangunan IPAL di RT 03 RW 01

Terdapat bangunan tambahan yang terletak di sebelah IPAL yaitu MCK umum. IPAL komunal pada lokasi ini memiliki kapasitas tampung air limbah sebesar $\pm 51 \text{ m}^3$ dari total kapasitas $\pm 69 \text{ m}^3$, karena perlunya ruang kosong untuk ruang gas yang dihasilkan dari proses pengendapan air limbah *black water* dan *grey water*.

Berdasarkan kondisi lapangan, total bangunan pemukiman keseluruhan di RT 03 RW 01 yaitu sebanyak 139 buah. Kondisi lokasi eksisting sambungan rumah yang sudah terlayani IPAL komunal di lokasi tersebut sebanyak 58 rumah (berdasarkan survei melalui formulir kuisisioner) dengan jumlah jiwa sebanyak 308 jiwa. Adapun rumah yang sudah terlayani IPAL komunal ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Rumah yang sudah terlayani IPAL

Sedangkan untuk rumah yang belum/tidak terlayani IPAL ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Rumah yang belum/tidak terlayani IPAL

Data Eksisting Sistem Perpipaan IPAL Komunal

Berdasarkan hasil *tracking* jalur jaringan perpipaan eksisting IPAL, diperoleh panjang pipa induk keseluruhan sepanjang 528 m, menggunakan pipa berdiameter 4" dan 6" dengan kemiringan jaringan pipa $\pm 1-2\%$. Sistem penyaluran pada jaringan perpipaan IPAL menggunakan sistem gravitasi. Sistem penyaluran air limbah dilakukan dengan menyuntik pada pipa air limbah bangunan rumah yang terlebih dulu sudah memasang pipa. Pipa pembuangan rumah yang digunakan adalah pipa PVC berdiameter 1½"-3" dengan kedalaman sekitar 10-20 cm.

Bak kontrol pada eksisting IPAL berjumlah 46 buah, berbentuk lingkaran dengan jenis bak kontrol sambungan rumah. Bak kontrol tersebut memiliki diameter yang bervariasi, seperti 30 cm hingga 60 cm. Contoh bak kontrol dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.





Gambar 6. Bak Kontrol

Sistem perpipaan IPAL komunal di RT 03 RW 01 dan posisi penempatan bak kontrol ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8 (zoom in) berikut.



Gambar 7. Sistem Perpipaan Eksisting IPAL Komunal di RT 03 RW 01



Gambar 8. Sistem Perpipaan Eksisting IPAL Komunal di RT 03 RW 01 (Zoom in)

Pengembangan Sistem Perpipaan

Berdasarkan kondisi lapangan, rumah yang direncanakan sejumlah 19 rumah dengan rincian 74 jiwa. Rumah-rumah tersebut dapat menyambung ke IPAL melalui sistem perpipaan baru karena telah memenuhi beberapa kriteria seperti: elevasi yang memenuhi, arah buangan air limbah yang diketahui, rumah tersebut bukan rumah tidak berpenghuni (kosong), adanya minat dari pemilik rumah untuk menyambung ke IPAL.

Namun untuk pengembangan tersebut didasarkan pada elevasi kondisi lapangan yang relatif datar, bukan didasarkan pada elevasi kontur tanah (diperoleh melalui *software* ArcMap 10.3), karena terdapat perbedaan elevasi antara elevasi yang ada pada kontur tanah dan elevasi di lapangan. Elevasi pada kontur tanahnya ditunjukkan pada Gambar 9 berikut.



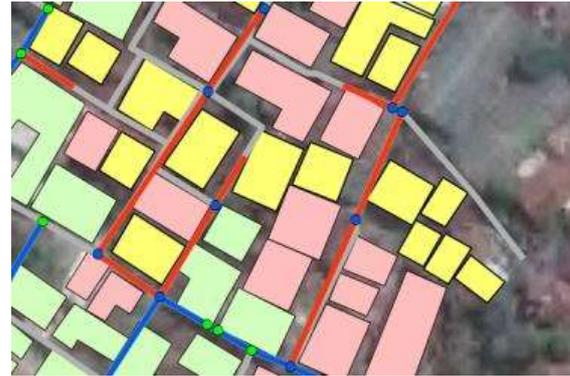
Gambar 9. Kontur Tanah di RT 03 RW 01

Terlihat bahwa jika ditinjau dari elevasi kontur tanah diatas, terdapat ketidakmungkinan dalam merencanakan pengembangan sistem pipa induk karena posisi IPAL yang lebih tinggi dari sebagian pemukiman.

Perencanaan pipa induk 4" dan 6" untuk pengembangan sistem perpipaan layanan IPAL baru dibutuhkan sebanyak ± 60 m dan ± 120 m dengan titik bak kontrol rencana sebanyak 9 buah. Pengembangan sistem perpipaan layanan IPAL (garis berwarna merah) beserta rumah yang direncanakan (berwarna kuning) ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11 (zoom in) berikut.



Gambar 10. Sistem Perpipaan Rencana IPAL Komunal di RT 03 RW 01



Gambar 11. Sistem Perpipaan Rencana IPAL Komunal di RT 03 RW 01 (Zoom in)

Analisis Perhitungan Air Limbah Domestik

Untuk mengetahui berapa banyak jumlah air limbah (*black water* dan *grey water*) yang dihasilkan baik yang dihasilkan dari kondisi eksisting untuk rumah, kondisi eksisting untuk MCK dan untuk kondisi rencana adalah sebagai berikut.

a) Perhitungan jumlah air limbah yang dihasilkan dari penggunaan air bersih diambil 80%, dengan menggunakan persamaan (1), maka perhitungan data diperoleh sebagai berikut.

$$q = \frac{80}{100} \times \text{Volume penggunaan air bersih}$$

$$q = \frac{80}{100} \times 100 \text{ liter} \\ = 80 \text{ liter/hari/jiwa}$$

b) Perhitungan debit air limbah yang dihasilkan dari *black water* dan *grey water* dengan menggunakan persamaan (2), maka perhitungan data diperoleh sebagai berikut.

$$Q_{\text{limbah}} = \frac{q \times p}{1000}$$

$$Q_{\text{limbah}} = \frac{80 \times 308}{1000} \\ = 24,64 \text{ m}^3/\text{hari}$$

c) Perhitungan kubikasi limbah padat/sludge/lumpur padat dengan ketentuan 6% dengan menggunakan persamaan (3) maka perhitungan data diperoleh sebagai berikut.

$$Q_{\text{lumpur}} = 6\% \times Q_{\text{limbah}}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 6\% \times 24,64 \\ = 1,4784 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Pada MCK umum yang terdapat di RT 03 RW 01, tidak terdapat data jiwa yang menggunakan MCK umum tersebut karena seluruh masyarakat disana memiliki MCK masing-masing sehingga MCK umum tersebut jarang digunakan. Sekalipun digunakan, MCK tersebut hanya digunakan oleh beberapa orang saja. Untuk menghitung kubikasi air limbah yang dihasilkan dari MCK umum tersebut, diasumsikan terdapat 15 jiwa pengguna MCK umum. Adapun perhitungannya yaitu sebagai berikut.

- a) Perhitungan debit air limbah yang dihasilkan dari *black water* dan *grey water* dengan menggunakan persamaan (2), maka perhitungan data diperoleh sebagai berikut. $Q_{\text{limbah}} = \frac{q \times p}{1000}$

$$Q_{\text{limbah}} = \frac{100 \times 15}{1000} = 1,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- b) Perhitungan kubikasi limbah padat/*sludge*/lumpur padat dengan ketentuan 6% menggunakan persamaan (3), maka perhitungan data diperoleh sebagai berikut.

$$Q_{\text{lumpur}} = 6\% \times Q_{\text{limbah}}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 6\% \times 1,5 = 0,09 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Pada kondisi rencana perhitungannya adalah sebagai berikut.

- a) Perhitungan debit air limbah *black water* dan *grey water* yang akan direncanakan sebesar 74 jiwa yang terdiri dari 19 rumah yang akan direncanakan, dapat dihitung menggunakan persamaan (2), sebagai berikut.

$$Q_{\text{limbah}} = \frac{q \times p}{1000}$$

$$Q_{\text{limbah}} = \frac{80 \times 74}{1000} = 5,92 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- b) Perhitungan kubikasi limbah padat/*sludge*/lumpur padat dengan ketentuan 6% menggunakan persamaan (3), maka perhitungan data diperoleh sebagai berikut.

$$Q_{\text{lumpur}} = 6\% \times Q_{\text{limbah}}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 6\% \times 5,92 \\ = 0,3552 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dari perhitungan diatas, maka jumlah lumpur padat yang dihasilkan yaitu sebanyak $1,9236 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Analisis Perhitungan Kecepatan Rencana Saluran Perpipaan

Jenis bahan berpengaruh pada kecepatan aliran dalam pipa. Hal ini disebabkan karena setiap jenis pipa mempunyai nilai kekasaran pipa (kekasaran *manning*) yang berbeda-beda, sehingga kecepatan yang ditimbulkan juga berbeda akibat adanya gaya gesekan dari pipa. Agar dihasilkan aliran yang baik dan efisien maka diperlukan pemilihan bahan pipa dan diameter pipa yang tepat. Pipa rencana yang digunakan untuk perencanaan pengembangan sistem perpipaan IPAL komunal di RT 03 RW 01 adalah pipa dengan jenis bahan PVC berukuran 4" dan 6", sehingga nilai koefisien kekasaran *manning*nya adalah 0,012.

Dalam menentukan letak pipa penyaluran air limbah, perlu memperhatikan kondisi wilayah sekitar. Kondisi wilayah akan mempengaruhi besar kemiringan yang dihasilkan dari pipa. Kemiringan pipa berpengaruh pada besarnya kecepatan yang dihasilkan. Apabila didapati kecepatan yang belum memenuhi syarat minimum yakni 0,6 m/detik, maka kemiringan saluran harus diperbesar.

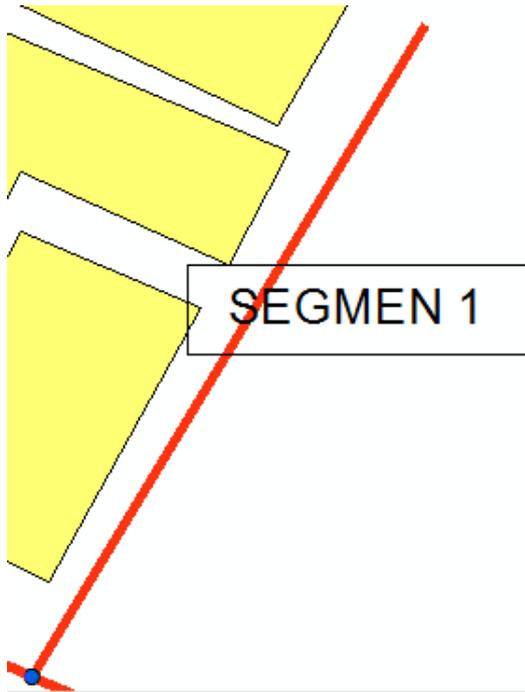
Untuk mempermudah dalam perhitungan, penulis bagi menjadi beberapa segmen. Berikut Gambar 12 adalah gambar pengembangan sistem perpipaan rencana IPAL komunal (garis berwarna merah) di RT 03 RW 01.



Gambar 12. Segmen Setiap Pipa Rencana

Analisis kecepatan rencana saluran perpipaan menggunakan persamaan (1) sampai dengan (7). Berikut adalah contoh perhitungan

kecepatan rencana aliran dan debit yang dihasilkan pada pipa di segmen 1.

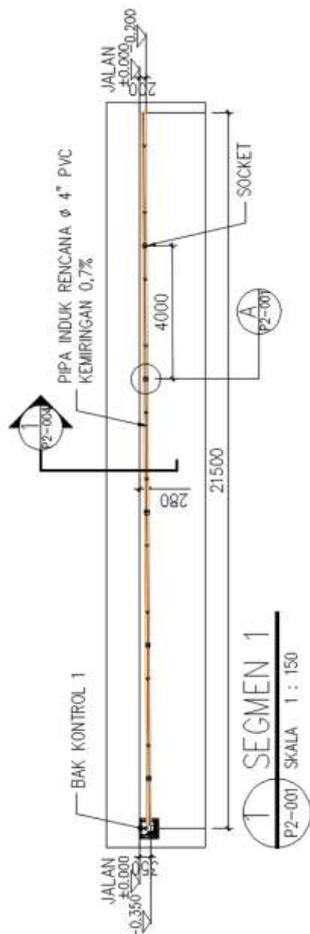


Gambar 13. Segmen 1 Pipa Rencana

Gambar 14. Detail Segmen 1 Pipa Rencana



Gambar 15. Kondisi Lapangan Segmen 1 Pipa Rencana



a) Menghitung jari-jari hidrolisis

Rumus:

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

1. Luas penampang basah

Rumus:

$$A = r^2 \left(\theta - \frac{\sin 2\theta}{2} \right)$$

Data: $r = 0,051 \text{ m}$

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

Perhitungan:

$$\theta = \arccos \frac{r - d}{r}$$

$$= \arccos \frac{0,051 - 0,08}{0,051}$$

$$= 2,183 \text{ rad}$$

$$A = r^2 \left(\theta - \frac{\sin 2\theta}{2} \right)$$

$$= 0,051^2 \left(2,183 - \frac{\sin 2(2,183)}{2} \right)$$

$$= 0,007 \text{ m}^2$$

2. Keliling basah

Rumus:

$$P = 2r\theta$$

Data: $r = 0,051 \text{ m}$

Perhitungan:

$$P = 2r\theta$$

$$= 2(0,051)(2,183)$$

$$= 0,222 \text{ m}$$

$$\text{Maka } R = \frac{A}{P} = \frac{0,007}{0,222} = 0,031 \text{ m}$$

b) Menghitung kecepatan aliran

Rumus:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Data: } n = 0012$$

$$S = 0,007$$

Perhitungan:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{1}{0,012} \cdot 0,031^{\frac{2}{3}} \cdot 0,007^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,685 \text{ m/detik}$$

c) Menghitung debit

Rumus:

$$Q = V \cdot A$$

$$= 0,685 \times 0,007$$

$$= 0,005 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil perhitungan secara lengkap disajikan dalam Tabel 5 dan Tabel 6 berikut.

Tabel 5. Parameter Analisis Perhitungan Hidrolika Sederhana Seluruh Segmen

Segmen	Panjang Pipa (m)	h_1 (m)	h_2 (m)	r	n	S
1	21,5	0,2	0,35	0,051	0,012	0,007
2	9,1	0,2	0,26	0,051	0,012	0,007
3	1,9	0,45	0,46	0,051	0,012	0,005
4	19,7	0,61	0,75	0,076	0,012	0,007
5	27,2	0,9	1,09	0,076	0,012	0,007
6	17	0,3	0,42	0,076	0,012	0,007
7	33,2	0,57	0,8	0,076	0,012	0,007
8	12,8	0,95	1,04	0,076	0,012	0,007
9	9,6	0,3	0,37	0,051	0,012	0,007
10	18,2	0,47	0,59	0,051	0,012	0,007
11	10,5	0,3	0,37	0,051	0,012	0,007

Tabel. 6 Hasil Analisis Perhitungan Hidrolika Sederhana Seluruh Segmen

Segmen	d (m)	θ (rad)	$\sin \theta$	A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/dt)	Q (m ³ /dt)
1	0,08	2,183	0,818	0,007	0,222	0,031	0,685	0,005
2	0,08	2,183	0,818	0,007	0,222	0,031	0,666	0,005
3	0,08	2,183	0,818	0,007	0,222	0,031	0,595	0,004
4	0,12	2,183	0,818	0,015	0,333	0,046	0,906	0,014
5	0,12	2,183	0,818	0,015	0,333	0,046	0,898	0,014
6	0,12	2,188	0,815	0,015	0,333	0,046	0,901	0,014
7	0,12	2,183	0,818	0,015	0,333	0,046	0,894	0,014
8	0,12	2,183	0,818	0,015	0,333	0,046	0,901	0,014
9	0,08	2,176	0,823	0,007	0,222	0,031	0,702	0,005
10	0,08	2,176	0,823	0,007	0,222	0,031	0,667	0,005
11	0,08	2,183	0,818	0,007	0,222	0,031	0,670	0,005

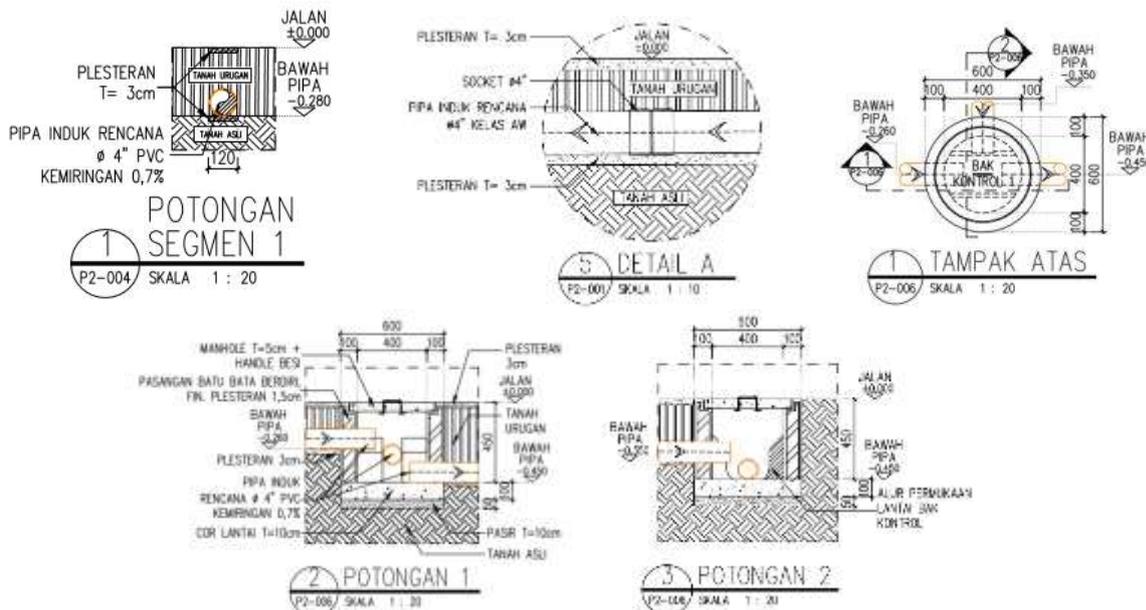
Tabel diatas menunjukkan bahwa mayoritas kecepatan minimum pada perpipaan rencana untuk melakukan proses *self cleansing* sudah memenuhi standar kecepatan minimum yaitu 0,6 m/detik. Namun pada segmen 3 belum memenuhi karena memiliki nilai <0,6 m/detik, sehingga kemiringan pipanya mesti diperbesar.

Rencana Anggaran Biaya

Pada pengembangan sistem perpipaan induk IPAL komunal diperlukan suatu anggaran biaya. Besarnya anggaran biaya tersebut bergantung pada jenis bahan material yang digunakan dan kebutuhan pekerja beserta upah pekerjanya. Uraian pekerjaan yang harus

dilakukan didasarkan pada gambar detail perencanaan pengembangan. Tahap pekerjaan dimulai dari galian dan urugan, menentukan berapa batang jumlah kebutuhan pipa utama, menentukan berapa jumlah kebutuhan pipa koneksi, pembuatan bak kontrol yang mencakup kebutuhan bata merah, kebutuhan material semen dan kebutuhan material pasir

untuk campuran adukan beton sebagai lantai kerja pemasangan pipa maupun lantai kerja pada bak kontrol dan *finishing* pekerjaan. Besarnya anggaran biaya yang diperlukan untuk pengembangan pada segmen 1 diperoleh melalui detail gambar detail rencana pengembangan pada segmen 1 yang dapat dilihat pada Gambar 16 berikut.



Gambar 16. Detail Rencana Segmen 1

Pengembangan sistem perpipaan pada segmen 1 memerlukan anggaran biaya sebesar Rp. 1.750.492,-. Analisis harga satuan yang digunakan adalah analisis harga satuan kota Bogor tahun 2017. Detail untuk kebutuhan bahan material dan pekerja meliputi pekerjaan galian tanah dan urugan sebanyak 2 orang. Untuk pekerjaan bak kontrol sebanyak 1 orang dengan rincian material yang dibutuhkan yaitu bata sebanyak 31 buah, pegangan besi bak kontrol sepanjang 50 cm, bekisting multiplek untuk tutup bak kontrol seluas 0,69 m². Pada pekerjaan pipa koneksi 2 orang pekerja dengan rincian material yang dibutuhkan yaitu 6 batang pipa PVC 4" AW, sambungan pipa PVC 4" AW sebanyak 5 buah. Pada pekerjaan campuran beton 1:4 oleh 1 orang pekerja untuk lantai kerja pipa, *finishing* galian pipa, plesteran dinding tanah bak kontrol maupun dinding bak kontrol dan tutup bak kontrol. Biaya lain-lain sebesar 10% untuk kebutuhan yang tidak terduga.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa perencanaan pengembangan sistem perpipaan baru membutuhkan pipa induk baru sepanjang ±60 m untuk pipa Ø4" dan sepanjang ±120,7 m untuk pipa Ø6" dengan kemiringan pipa 0,7% yang terbagi menjadi 11 segmen dan jumlah bak kontrol rencana sebanyak 9 buah. Mayoritas kecepatan minimum pada segmen perpipaan rencana untuk melakukan proses *self cleansing* sudah memenuhi standar kecepatan minimum yaitu 0,6 m/detik, kecuali pada segmen 3. Total limbah padat yang dihasilkan dari air limbah *grey water* dan *black water* pada kondisi eksisting yang bersumber dari rumah dan MCK, dan yang bersumber dari pengembangan sistem perpipaan induk sambungan rumah baru adalah sebesar 1,9236 m³/hari. Untuk biaya yang diperlukan dalam pengembangan sistem perpipaan tersebut adalah sekitar Rp. 41.709.110,-.

Hal yang sebaiknya diperhatikan adalah perlunya sosialisasi lebih lanjut kepada masyarakat akan pentingnya menjaga sanitasi lingkungan khususnya tentang pembuangan air limbah, sehingga untuk pengoptimalan atau pengembangan sistem perpipaan induk baru menjadi lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Hakim, Abdul Hakim. 2017. *Evaluasi Kapasitas Dan Kecepatan Pipa Utama IPAL Universitas Sebelas Maret Surakarta*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Surakarta: Program Studi DIII Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Kelompok Swadaya Masyarakat Roda Mas. 2018. *Rencana Kerja Masyarakat SANIMAS IDB Tahun Anggaran 2018*. Bogor
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2018. *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Buku A: Panduan Perencanaan Teknik Terinci Sub-sistem Pelayanan dan Sub-sistem Pengumpulan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya
- Maldita, Pamella Giena. 2018. *Instalasi Septic Tank Komunal Perumahan Wisma Gunung IV Balikpapan*. Tugas akhir tidak diterbitkan. Balikpapan: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Balikpapan
- SNI 03-1733-2004. 2004. *Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan*. Bandung
- Triatmojo, Bambang. 1995. *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset