

Pengembangan Jaringan Perpipaan IPAL Komunal Kelurahan Sindangrasa Kota Bogor

Tirta Adhyaksa^{1*}, Muhamad Lutfi¹, Alimuddin¹

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jl. Raya KH. Sholeh Iskandar KM.2 Bogor 16162

*Corresponding Author : tirtaadhyaksa@gmail.com

Abstrak

IPAL komunal KPP Cikobakterletak di Kelurahan Sindangrasa, Kota Bogor memiliki kapasitas daya tampung limbah sebanyak 500 jiwa, akan tetapi jumlah jiwa pada eksisting pada tahun 2017 sebanyak 205 jiwa. Faktor penyebab kurang optimalnya kapasitas IPAL yaitu lokasi bangunan rumah warga yang berada di bawah bak inlet IPAL, kurang berkenannya pemilik rumah untuk dilakukan pemasangan ulang perpipaan ke IPAL, arah pembuangan air limbah yang berbenturan dengan pondasi atau sloof bangunan rumah warga dan anggaran yang terbatas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi, *interview*, *tracking* dan studi literatur. Pengembangan optimalisasi IPAL terbagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap pengambilan data, tahap analisis eksisting IPAL dan tahap pengembangan pemenuhan kapasitas IPAL. Berdasarkan hasil survei di lokasi penelitian jumlah eksisting IPAL 143 jiwa terdiri dari 24 sambungan rumah dan 6 pengguna MCK. Terdapat 119 jiwa terdiri dari 7 bangunan rumah dan 1 kos-kosan sebagai calon sambungan rumah baru dan 53 jiwa terdiri dari 9 bangunan rumah yang dialihkan ke pengguna MCK. Perencanaan pengembangan perpipaan induk pada sambungan rumah baru terbagi menjadi 6 segmen menggunakan pipa pvc berdiameter 4" dan 6" dengan kemiringan pipa sebesar 1% dan 4 bak kontrol baru. Kecepatan aliran pada 5 segmen telah memenuhi standar *self cleansing* sebesar 0,6-3 m/detik, akan tetapi 1 segmen tidak memenuhi standar *self cleansing*. Pengembangan ini memerlukan anggaran biaya sebesar Rp. 31.722.600,00.-.

Kata kunci: *self cleansing, jaringan pipa, IPAL*

Abstract

The communal wastewater treatment plant (WWTP) KPP Cikobak located in Sindangrasa Village, Bogor City has 500 capacity of human waste, with number of population in 2017 was 143 person. Less optimal WWTP capacity was caused by the location of residential house which below of WWTP Inlet Tank, homeowner who did not design to reinstall a pipe to WWTP and liquid waste disposal path which collided with building sloof. Method used in this study is observation method, interviews, tracking and literature studies. The development of optimization of WWTP is divided into several stages, namely the data collection stage, WWTP existing analysis stage and WWTP fulfillment capacity development stage. There are 119 people consisting of 7 houses and 1 of rent house as a candidate for new house connections and 53 people consisting of 9 houses are transferred to MCK. Planning for developing of main piping was divided into 6 segments using pipes with diameter of 4' and 6' with 1% pipe slope and 4 new control tanks. Flow velocity in 5 segments has fulfill the self cleansing standard of 0.6 - 3 m/s, but 1 segment is not fulfill the self cleansing standard. This development requires a budget of Rp. 31,722,600.00.-.

Keywords: *self cleansing, pipe connection, WWTP*

PENDAHULUAN

Kondisi sanitasi kota sekarang ini dijadikan tolak ukur dalam keberhasilan pembangunan suatu kota atau bahkan suatu negara. Kota Bogor telah melaksanakan program sanitasi berbasis masyarakat melalui (SANIMAS IDB) untuk menanggulangi pencemaran lingkungan yang terjadi akibat limbah domestik aktivitas rumah tangga. Program SANIMAS IDB di Kelurahan Sindangrasa telah dilaksanakan pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada tahun 2017 di atas lahan hibah warga sebesar 30 m² yang berlokasi di RT 02 RW 12. Pelaksanaan pembangunan IPAL ini melibatkan warga masyarakat sekitar yang bekerja sama dengan Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Muara Dua, Badan Keswadayaan Masyarakat (BKM) Bina Usaha dan Tim Fasilitator Lapangan (TFL) SANIMAS IDB.

Tujuan dibuatkan IPAL untuk menampung air limbah domestik *grey water* maupun *black water* dari aktivitas rumah tangga yang ditempatkan dan diolah pada satu tempat. Sistem penyaluran air limbah pada perpipaan IPAL ini menggunakan sistem gravitasi (tanpa tekanan). Kapasitas daya tampung IPAL ini sebesar 500 jiwa. Akan tetapi, data terakhir pada Kelompok Pemanfaat dan Pengguna (KPP) Cikobak pada tahun 2017 jumlah jiwa eksisting IPAL sebesar 205 jiwa.

Untuk mengoptimalkan kapasitas daya tampung IPAL rencana sebesar 500 jiwa, perlu dilakukan pengembangan dimulai dari peninjauan lokasi sambungan rumah baru beserta jaringan perpipaan induk baru berdasarkan kontur permukaan tanah bangunan rumah, arah pembuangan air limbah *grey water* maupun *black water* dan juga pemanfaatan MCK umum IPAL jika kontur tanah bangunan rumah maupun arah pembuangan air limbah yang tidak memungkinkannya untuk pengembangan sambungan rumah baru.

Sistem pengolahan air limbah domestik terdiri dari dua jenis, diantaranya Sub-sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Setempat dan Sub-sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat. Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Setempat (SPALDS) yaitu mengumpulkan dan mengolah air limbah domestik di lokasi sumber berdasarkan kapasitas berskala individual. Sistem

Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALDT) mengumpulkan dan mengolah air limbah dengan dari pekarangan masing-masing rumah tangga ke saluran pengumpul menuju ke bangunan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke selokan atau sungai.

Bangunan IPAL adalah bangunan pengolahan air limbah setempat atau terpusat dimana air limbah dikumpulkan serta hasil pengolahannya langsung disalurkan ke badan air penerima. Bagian-bagian bangunan IPAL terdiri dari bak *inlet*, bak sedimentasi (*settler*), bak pembagi (*gutter*), bak *anaerobik filter*, bak *carbon filter*, bak *anaerobik baffle reactor* dan bak *outlet*. Sistem penyaluran pada jaringan layanan IPAL diperlukan bangunan pendukung seperti bak kontrol dan jaringan perpipaan. Kriteria desain perpipaan dijelaskan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kriteria Desain Bak Kontrol IPAL

Kriteria	Keterangan
Luas permukaan bak	50 x 50 cm (bagian dalam) dengan tutup beton yang dapat di buka.
Kedalaman Bak	40 x 60 cm disesuaikan dengan kebutuhan kemiringan pipa persil yang masuk

(Sumber: Peraturan Menteri PUPR No.04 Tahun 2017)

Tabel 2. Kriteria Desain Perpipaan IPAL

Pipa	Kemiringan (%)	Kapasitas (jiwa)	Keterangan
3"	1 – 2	25	SR
4"	0,7 – 1	150	Pipa Persil
6"	0,5 – 0,7	400	Pipa Utama

(Sumber: Rencana Teknik Rinci SPALD Peningkatan Kapasitas TFL SANIMAS IDB 2018)

Prinsip penyaluran air limbah pada pipa harus memenuhi persyaratan kecepatan *self cleansing* sebesar 0,6-3 m/detik (Buku A Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat SPALD-T, 2018). Persyaratan *self cleansing* didasarkan pada rumus aliran saluran terbuka dimana penampang saluran berbentuk lingkaran. Menurut Bambang Triatmodjo,

(1995) debit air yang dihasilkan pada saluran merupakan perkalian dari kecepatan aliran dan luas penampang yang dialiri. Sehingga debit saluran dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

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

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

Keterangan:

Q: Debit yang mengalir di saluran (m^3/dt)

V: Kecepatan aliran (m/dt)

A: Luas penampang basah (m^2)

R: Jari-jari hidrolis (m)

S: Kemiringan saluran (*sloof*)

n: Koefisien kekasaran *manning*

ΔH : Selisih ketinggian/elevasi (m)

L: Panjang pipa (m)

Dalam memperhitungkan kecepatan aliran dan debit pada pipa yang akan direncanakan, perlu diperhatikan kekasaran permukaan penampang basah pada pipa. Koefisien kekasaran *manning* (n) diperlukan untuk mengetahui besaran kecepatan aliran yang akan dilalui pada pipa. Koefisien kekasaran *manning* (n) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Kekasaran *Manning* (n)

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

(Sumber: Buku A Pedoman Perencanaan Teknik Terinci SPALD-T Ditjen Cipta Karya 2018)

Sebelum menghitung kecepatan aliran pipa, hal yang perlu diperhatikan adalah menghitung jari-jari hidrolisis saluran. Jari-jari hidrolisis pada saluran merupakan perbandingan antara luas penampang saluran yang dialiri air dengan keliling basah saluran (Bambang Triatmodjo, 1995). Untuk mengetahui nilai jari-jari hidrolisis dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{A}{P} \quad (4)$$

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

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

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

Keterangan:

R: Jari-jari hidrolis (m)

A: Luas penampang yang dialiri (m^2)

P: Keliling basah (m)

r: Jari-jari pipa saluran (m)

θ : Sudut aliran (rad)

d: Tinggi air di saluran (m)

Menurut Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) menjelaskan konsumsi air bersih dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan populasi yang ada pada setiap blok pelayanan. Adapun persentase timbulan air limbah domestik *grey water* dan *black water* yang dihasilkan dari penggunaan air bersih sebesar 60-80%. Konsumsi pemakaian air bersih pada kawasan dapat dilihat pada Tabel 4.

Menurut Rencana Kegiatan Masyarakat (RKM Sindangarasa, 2017), penggunaan air bersih pada aktivitas rumah tangga \pm 120 liter/hari/jiwa 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 sebagai berikut:

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

$$Q_{\text{limbah}} = \frac{q \times p}{1000} \quad (9)$$

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

Keterangan:

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

p: Jumlah jiwa

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

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

Tabel 4. Pemakaian Air Minum Kawasan

No	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air (liter/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: Buku A Pedoman Perencanaan Teknik Terinci SPALD-T Ditjen Cipta Karya 2018)

Potensi dan permasalahan kurang optimalnya pada sistem pelayanan IPAL yang berada RT 02 RW 12 yaitu bangunan rumah yang sudah ada terlebih dahulu sebelum pembangunan IPAL, terdapat bangunan rumah yang berada di bawah permukaan bak inlet IPAL dan juga saluran pembuangan air limbah *grey water* maupun *black water* yang tidak memungkinkan untuk menyambung ke IPAL, dan anggaran yang terbatas.

Perlu dilakukannya pengembangan jaringan perpipaan pada sambungan rumah baru maupun pemanfaatan MCK umum untuk memenuhi kapasitas rencana IPAL berdasarkan lokasi bangunan rumah beserta arah pembuangan air

limbah yang memungkinkan untuk dilakukan pengembangan.

METODE

Lokasi penelitian berada di RT 02 RW 12 Kelurahan Sindangrasa, Kota Bogor. Untuk mengetahui lokasi bangunan rumah, batas wilayah dan jaringan pipa induk eksisting dilakukan dengan *Global Position System (GPS) tracking* menggunakan ponsel. Untuk mengetahui jumlah jiwa keseluruhan di lokasi penelitian dilakukan dengan kuisioner kepada masyarakat setempat. Untuk mengetahui lokasi sambungan rumah eksisting, pengguna MCK dan lokasi rumah yang belum terlayani IPAL berdasarkan hasil analisis kuisioner.

Penentuan calon pengembangan sambungan rumah baru dengan memperhatikan kontur tanah bangunan rumah dan arah pembuangan air limbah *grey water* maupun *black water* dengan ketentuan perencanaan perpipaan induk baru berdasarkan kedalaman pipa pembuangan air limbah tersebut. Menghitung kecepatan aliran yang direncanakan mengacu pada standar *self cleaning* dengan perhitungan hidrolika sederhana. Analisis rincian anggaran biaya untuk pengembangan perpipaan induk baru mengacu pada gambar rencana. Analisis pemenuhan kapasitas IPAL berdasarkan jumlah jiwa pada data eksisting yang sudah terlayani oleh IPAL maupun yang akan direncanakan pengembangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survei di lokasi penelitian, jumlah bangunan rumah keseluruhan yang berada di RT 02 RW 12 Kelurahan Sindangrasa, Kota Bogor sebanyak 74 bangunan, terdiri dari 62 bangunan rumah milik pribadi, 11 bangunan kontrakan dan 1 kos-kosan berjumlah 20 kamar. Jumlah jiwa yang terdapat dilokasi penelitian sebesar 336 jiwa.

Kondisi eksisting dalam jumlah jiwa sebagai pemanfaat sambungan rumah dan pengguna MCK IPAL pada jaringan layanan IPAL berdasarkan hasil survei di lokasi penelitian berjumlah 143 jiwa yang terbagi menjadi 4 bagian. Bagian pertama sambungan rumah *black water* sebanyak 31 jiwa. Bagian kedua sambungan rumah *grey water* sebanyak 5 jiwa. Bagian ketiga *black water* dan *grey water* sebanyak 78 dan Pengguna MCK IPAL

sebanyak 29 jiwa. Lokasi pemanfaat sambungan rumah dan pengguna MCK IPAL dapat dilihat pada Gambar 1.

Sebelum dilaksanakannya pembangunan IPAL komunal, sistem penyaluran air limbah *grey water* umumnya masyarakat membuang langsung ke saluran drainase dan *black water* dibuang ke *septic tank* pribadi, akan tetapi *septic tank* tidak pernah mengalami pemenuhan



ataupun pengurasan (cubluk). Sistem pemasangan layanan jaringan perpipaan IPAL sebagai cakupan layanan sambungan rumah eksisting menggunakan sistem tangkap, potong dan pengalihan aliran tanpa adanya pemasangan pipa baru pada sambungan rumah eksisting, akan tetapi tidak menutup kemungkinan dilakukan pemasangan pipa baru jika pemilik bangunan rumah bersedia untuk dilakukan pembongkaran dan pemasangan pipa baru.

Keterangan:

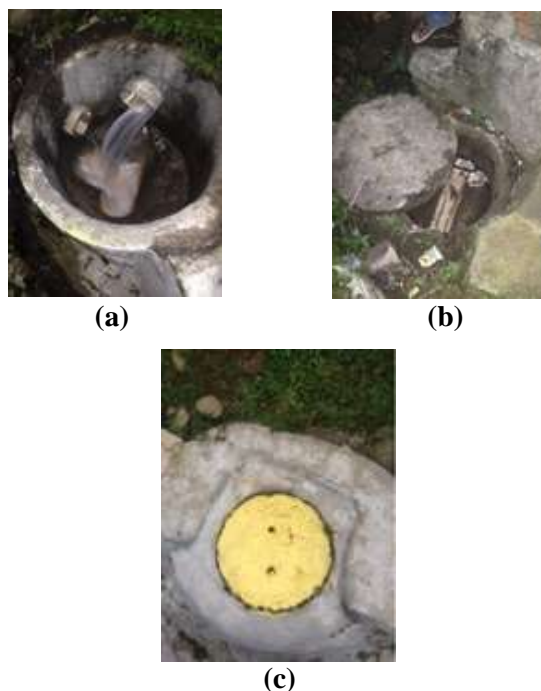
- Sambungan Rumah (SR)
- Rumah Kosong (SR)
- Rumah Kosong
- Bak Kontrol Eksisting
- Pipa Induk 6"
- Akses Jalan
- IPAL
- ▨ Pengguna MCK IPAL

Gambar 1. Lokasi Eksisting IPAL

Berdasarkan hasil *tracking* yang dilakukan dilokasi penelitian jalur jaringan perpipaan eksisting IPAL didampingi narasumber terkait pembangunan IPAL didapat panjang pipa induk keseluruhan sepanjang 135 m, menggunakan pipa berdiameter 6" dengan kemiringan saluran jaringan pipa $\pm 1-2\%$. Sistem penyaluran air

limbah pada jaringan peripaan IPAL menggunakan sistem gravitasi (tanpa tekanan) menyesuaikan kontur permukaan tanah bangunan rumah maupun pipa pembuangan air limbah. Pada sistem penyaluran air limbah bangunan rumah warga dilakukan penyuntikan menuju pipa pembuangan bangunan rumah terdekat yang sudah terlebih dahulu memasang pipa. Pipa pembuangan rumah yang digunakan adalah Pipa PVC berdiameter 1½" sampai 3" dengan kedalaman 10-20 cm.

Bak kontrol pada eksisting IPAL berjumlah 10 buah, berbentuk lingkaran dengan jenis bak kontrol sambungan rumah. Diameter bak kontrol yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bak Kontrol Eksisting IPAL (a) Bak kontrol eksisting diameter 60 cm kedalaman 50 cm (b) Bak kontrol eksisting diameter 50 cm kedalaman 80 cm (c) Bak kontrol eksisting diameter 30 cm kedalaman 50 cm.

Bangunan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang berlokasi di RT 02 RW 12 terdapat bangunan tambahan yang terletak di atas IPAL yaitu MCK umum. Kapasitas IPAL di lokasi ini memiliki daya tampung air limbah sebesar $\pm 43 \text{ m}^3$ dari total kapasitas 50 m^3 . Terdapat selisih 7 m^3 diperuntukan sebagai ruang kosong berfungsi untuk memisahkan gas panas yang



dihasilkan dari proses pengolahan air limbah, kemudian disalurkan menuju pipa pembuangan gas. Bangunan IPAL KPP Cikobak Kelurahan Sindanrasa, Kota Bogor dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Bangunan IPAL RT 02 RW 12

Untuk mengetahui berapa banyak jumlah air limbah, debit air limbah dan lumpur padat yang dihasilkan pada eksisting sambungan rumah dan pengguna MCK IPAL komunal KPP Cikobak dapat diperoleh menggunakan persamaan 8 sebagai berikut:

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

$$q = \frac{80}{100} \times 120 \text{ liter} = 96 \text{ liter/hari/jiwa} \\ = 100 \text{ liter/hari/jiwa}$$

Perhitungan debit air limbah yang dihasilkan dari *grey water* dan *black water* dapat diperoleh menggunakan persamaan 9 sebagai berikut:

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

$$Q_{\text{limbah}} = \frac{100 \times 143}{1000} = 14,3 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Besaran lumpur yang dihasilkan dari debit air limbah *grey water* dan *black water* pada eksisting dapat diperoleh menggunakan persamaan 10 sebagai berikut:

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

$$Q_{\text{lumpur}} = 6 \% \times 14,3 = 0,858 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kondisi eksisting menunjukkan total jiwa yang sudah terlayani IPAL sebanyak 143, akan tetapi masih diperlukan pengembangan untuk mengoptimalkan kapasitas IPAL sebanyak 500

jiwa. Pengembangan lokasi calon sambungan rumah baru dan calon pengguna MCK baru dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4 menjelaskan lokasi pengembangan IPAL beserta jaringan perpipaan induk dan bak kontrol baru yang terbagi menjadi 6 segmen dan 4 buah bak kontrol baru. Perencanaan pada pipa induk baru yang akan direncanakan sebagai pengembangan jaringan layanan IPAL berbahan PVC dengan kemiringan pipa sebesar 1% pada setiap segmen. Penentuan tiap segmen dilakukan pertemuan bak kontrol dengan bak kontrol. Analisis kecepatan aliran pada tiap segmen dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sampai dengan persamaan 7.



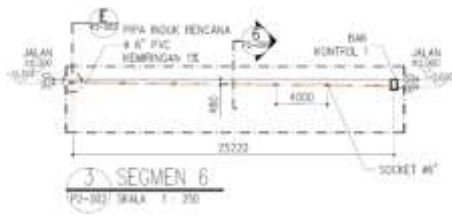
Keterangan:

- Sambungan Rumah Rencana
- Rumah Kosong
- Pipa Induk Rencana 6"
- Pipa Induk Rencana 4"
- Arah Pembuangan Rencana
- Akses Jalan
- ⊗ Bak Kontrol Rencana
- IPAL

Sambungan Rumah Rencana

Gambar 4. Lokasi Rencana Pengembangan IPAL Komunal

Contoh perhitungan kecepatan aliran yang diambil yaitu pada segmen 6, dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Potongan Pipa Rencana Segmen 6
Gambar 6. Situasi Segmen 6

Menghitung luas penampang basah:

$$A = r^2 \left(\theta - \frac{\sin 2\theta}{2} \right) \rightarrow \text{Data: } r = 0,076 \text{ m}$$

$$d = 0,122 \text{ m}^*$$



*) 80% dari ukuran diameter pipa

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

$$= \arccos \frac{0,076 - 0,122}{0,076} = 2,214 \text{ rad}$$

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

$$= 0,076^2 \left(2,220 - \frac{\sin 2(2,220)}{2} \right) = 0,016 \text{ m}^2$$

Menghitung Keliling basah:

$$P = 2r\theta \rightarrow \text{Data: } r = 0,076 \text{ m}$$

$$d = 0,122 \text{ m}$$

$$P = 2r\theta = 2(0,076)(2,220)$$

$$= 0,337 \text{ m}$$

$$\text{Maka } R = \frac{A}{P} = \frac{0,016}{0,337}$$

$$= 0,046 \text{ m}$$

Menghitung kecepatan aliran pada pipa:

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

$$= \frac{1}{0,012} \times 0,046^{\frac{2}{3}} \times 0,010^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1,071 \text{ m/detik}$$

Menghitung debit aliran pada pipa:

$$Q = V \cdot A = 1,071 \times 0,016$$

$$= 0,017 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Apabila analisis perhitungan diatas dilakukan pada segmen 1, 2, 3, 4 dan 5 dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6

Segmen	Panjang Pipa	H ₁	H ₂	r	n	S
	(m)	(m)	(m)	(m)		
1	7,80	0,30	0,45	0,051	0,012	0,019
2	3,00	0,45	0,48	0,051	0,012	0,010
3	35,80	0,30	0,47	0,051	0,012	0,005
4	25,00	1,29	1,54	0,076	0,012	0,010
5	39,37	0,60	1,14	0,076	0,012	0,014
6	25,22	0,35	0,60	0,076	0,012	0,010

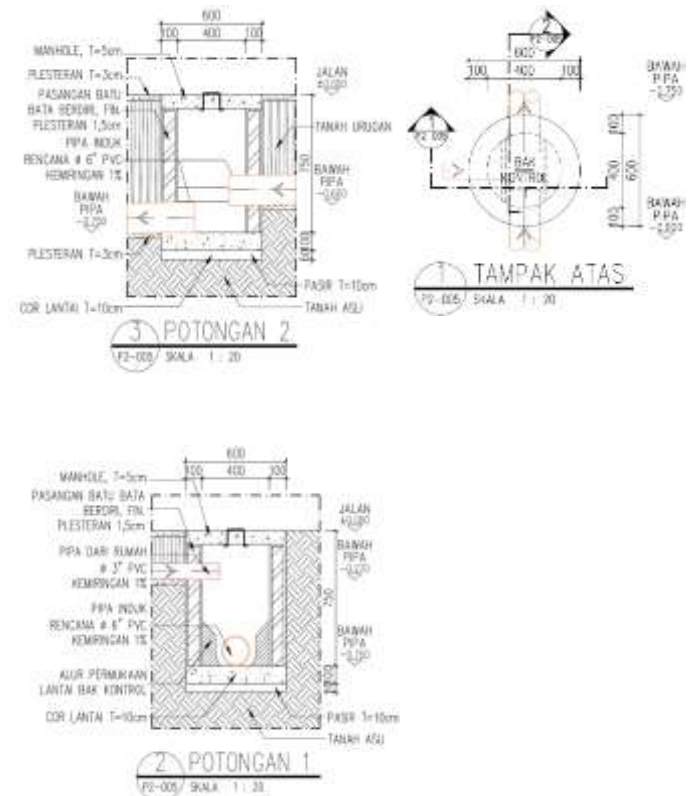
Tabel 5. Parameter Analisis Perhitungan Hidrolika Sederhana Seluruh Segmen

Tabel. 6 Hasil Analisis Perhitungan Hidrolika Sederhana Seluruh Segmen

Segmen	d	Θ	sin θ	A	P	R	V	Q
	(m)	(radian)		(m ²)	(m)	(m)	(m/dt)	(m ³ /dt)
1	0,081	2,214	0,800	0,007	0,225	0,031	1,138	0,008
2	0,081	2,214	0,800	0,007	0,225	0,031	0,821	0,006
3	0,081	2,214	0,800	0,007	0,225	0,031	0,569	0,004
4	0,122	2,214	0,800	0,016	0,337	0,046	1,075	0,017
5	0,122	2,214	0,800	0,016	0,337	0,046	1,259	0,020
6	0,122	2,214	0,800	0,016	0,337	0,046	1,071	0,017

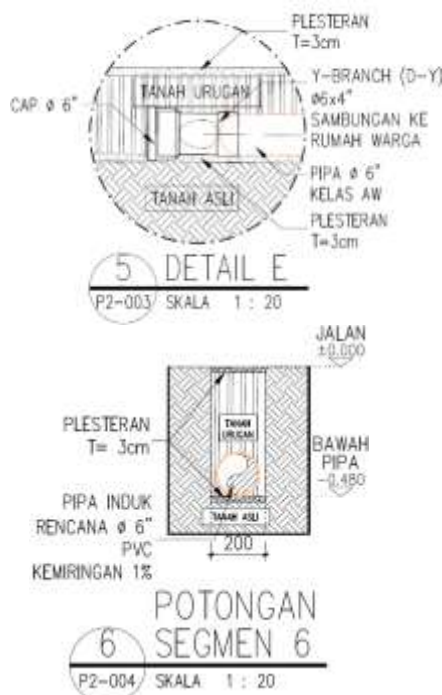
Pengembangan jaringan layanan IPAL komunal memerlukan anggaran biaya. Besarnya anggaran pengembangan tergantung pada spesifikasi material yang diperlukan, pekerja beserta dan upah. Untuk menentukan harga material dan upah mengacu pada analisa harga satuan Kota Bogor tahun 2017 dan realisasi pelaksanaan pembangunan IPAL tahun 2017. Tahap pekerjaan dimulai dari galian dan urugan, menentukan jumlah kebutuhan pipa utama, pipa koneksi, pembuatan bak kontrol termasuk kebutuhan bata merah, kebutuhan material seperti semen dan pasir. Pada campuran adukan beton sebagai lantai kerja pemasangan pipa maupun lantai kerja pada bak kontrol dan finishing pekerjaan menggunakan.

Besaran anggaran biaya yang diperlukan untuk pengembangan pada segmen 6 diperoleh melalui detail gambar rencana. Gambar detail rencana pengembangan pada segmen 6 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Detail Rencana Segmen 6

Pengembangan jaringan perpipaan pada segmen 6 memerlukan anggaran biaya sebesar Rp. 6.850.855,00.-. Detail kebutuhan bahan material dan pekerja meliputi pekerjaan galian tanah dan urugan dikerjakan oleh 2 orang pekerja. Pekerjaan bak kontrol dikerjakan oleh 1 orang pekerja dengan material yang dibutuhkan yaitu bata sebanyak 60 buah, pegangan besi bak kontrol sepanjang 50 cm, bekisting multiplek untuk tutup bak kontrol 0,69 m². Pekerjaan pipa koneksi dikerjakan oleh 2 orang pekerja dengan material yang dibutuhkan antara lain 6 batang pipa PVC 6” jenis AW, sambungan pipa PVC 6” jenis AW sebanyak 6 buah, sambungan pipa Y 6”-4” jenis AW 1 buah. Pekerjaan campuran



beton 1:4 oleh 1 orang pekerja untuk lantai kerja pipa, finishing galian pipa, plesteran dinding tanah bak kontrol dan tutup bak kontrol. Diperlukan biaya lain-lain sebesar 10% untuk kebutuhan yang tidak terduga.

Pada Gambar 4 juga menjelaskan jumlah jiwa yang terdapat pada rencana pengembangan jaringan untuk mengoptimalkan layanan IPAL sebesar 119 jiwa yang terdiri dari 7 bangunan rumah dan 1 kos-kosan (jika diasumsikan 1 kamar kos-kosan terdiri dari 4 jiwa), maka besaran debit yang dihasilkan dari air limbah *grey water* dan *black water* diperoleh menggunakan persamaan 9 sebagai berikut:

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

$$Q_{\text{limbah}} = \frac{100 \times 119}{1000} = 11,9 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Besaran lumpur yang dihasilkan dari debit air limbah *grey water* dan *black water* pada pengembangan optimalisasi layanan IPAL dapat diperoleh menggunakan persamaan 10 sebagai berikut:

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

$$Q_{\text{lumpur}} = 6 \% \times 11,9 = 0,714 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Pada lokasi bangunan rumah yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pengembangan jaringan perpipaan baru (Gambar 8) disebabkan kontur permukaan tanah bangunan rumah berada di bawah bak *inlet* IPAL. Jika lokasi bangunan rumah tersebut dialihkan menjadi pengguna MCK IPAL dengan jumlah jiwa sebanyak 53 jiwa, maka debit air limbah *grey water* dan *black water* dapat diperoleh menggunakan persamaan 9 sebagai berikut:

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

$$Q_{\text{limbah}} = \frac{100 \times 53}{1000} = 5,3 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Besaran lumpur yang dihasilkan dari debit air limbah *grey water* dan *black water* pada lokasi bangunan rumah (jiwa) yang dialihkan sebagai pengguna MCK dapat diperoleh menggunakan persamaan 10 sebagai berikut:

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

$$Q_{\text{lumpur}} = 6 \% \times 5,3 = 0,318 \text{ m}^3/\text{hari}$$



Keterangan:

■ IPAL

■ Akses Jalan

— Dialihkan ke Pengguna MCK

Gambar 8. Lokasi Dialihkan Ke Pengguna MCK

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil observasi dan kuisisioner pada penelitian yang telah dilakukan, Faktor penyebab kurang optimalnya kapasitas IPAL yaitu kondisi pipa pembuangan air limbah *grey water* maupun *black water* berada di bawah bak *inlet* IPAL, terjadi konflik antar rumah warga yang kurang berkenan sebagian halaman rumahnya dilalui pipa induk IPAL, terdapat sebagian rumah pada pipa pembuangan air limbah yang berbenturan dengan dinding rumah tetangga jika dilakukan pemasangan pipa baru menuju jaringan pipa induk IPAL dan anggaran biaya yang terbatas.

Pengoptimalisasian layanan IPAL terdiri dari pengembangan jaringan perpipaan dan pemanfaatan MCK umum IPAL sejumlah 119 jiwa dan 53 jiwa. Pada pengembangan jaringan perpipaan induk sambungan rumah baru terbagi menjadi 6 segmen, pipa induk yang digunakan yaitu pipa PVC berdiameter 4" dan 6" kelas AW dengan kemiringan pipa 1% dan bak kontrol pada pengembangan jaringan berjumlah 4 buah.

Kecepatan aliran pipa induk pada pengembangan jaringan perpipaan, segmen 1, 2, 4 dan 5 sudah memenuhi persyaratan *self cleansing*, akan tetapi pada segmen 3 tidak memenuhi persyaratan *self cleansing*. Besaran biaya yang diperlukan untuk pengembangan jaringan perpipaan sambungan rumah baru pada 6 segmen yaitu sebesar Rp. 31.722.600,00.-.

Jumlah total limbah padat yang dihasilkan dari air limbah *grey water* maupun *black water* pada eksisting, pengembangan jaringan perpipaan sambungan rumah baru maupundialihkan pengguna MCK IPAL sebesar 1,89 m³/hari. Persentase pengembangan optimalisasi keseluruhan sebesar 63% terdiri dari 143 jiwa eksisting, 119 pengembangan jaringan sambungan rumah baru dan 53 jiwa dialihkan ke pengguna MCK IPAL dari total jiwa yang berlokasi di RT 02 RW 12 Kelurahan Sindangrasa, Kota Bogor sebanyak 336 jiwa.

Hal yang perlu diperhatikan pada pengembangan optimalisasi layanan IPAL, pada lokasi rumah yang tidak bisa dilakukan pengembangan sambungan rumah baru sebaiknya memanfaatkan MCK umum yang terdapat di atas IPAL dan disarankan untuk memperbaiki *septic tank* pribadi serta melakukan pemasangan pipa air limbah baru dengan jalur pipa pembuangan menuju *septic tank* pribadi. Pada jalur pipa segmen 3 untuk memenuhi syarat *self cleansing* dapat dilakukan perencanaan kembali baik merubah diameter pipa ataupun kemiringan pipa dan apabila terdapat sambungan rumah baru yang masuk ke area aliran segmen 3.

Pada biaya anggaran yang diperlukan untuk pengembangan jaringan layanan IPAL perlu disesuaikan mengikuti satuan harga bahan material terbaru yang beredar dipasaran dan penyesuaian harga terbaru terhadap upah pekerja. Perlu dilakukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut terhadap rumah atau kontrakan kosong untuk mengetahui jumlah jiwa yang akan direncanakan pengembangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang. 2017. Laporan Akhir Identifikasi dan Pemetaan Lokasi Sarana Air Limbah Kota Bogor. Bogor.
- Hakim, A.H. 2017. *Evaluasi Kapasitas Dan Kecepatan Pipa Utama IPAL Universitas Sebelas Maret Surakarta*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Surakarta: Program Studi DIII Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Iryanti, Dian. 2019. *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Komunal Di Sindangrasa*. Skripsi tidak diterbitkan. Jakarta: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sahid Jakarta.
- Kelompok Swadaya Masyarakat Muara Dua. 2017. Rencana Kerja Masyarakat SANIMAS IDB Tahun Anggaran 2017. 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 Jendral Cipta Karya.
- Maldita, P.G. 2018. *Instalasi Septic Tank Komunal Perumahan Wisma Gunung IV Balikpapan*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Balikpapan: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Balikpapan.
- Triatmodjo, Bambang. 1995. *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.