

Perencanaan Sistem Penyaluran dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya

Arsita Puspita Dewi dan Agus Slamet

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: agusslamet@enviro.its.ac.id

Abstrak—Berdasarkan studi EHRA 2015, Kelurahan Rangkah termasuk ke dalam klasifikasi beresiko tinggi terhadap kesehatan lingkungan yang disebabkan oleh kondisi sanitasi yang masih buruk. Walaupun sebagian besar penduduk sudah memiliki toilet, namun masih ada yang belum dilengkapi dengan tangki septik. Sedangkan grey water dialirkan ke saluran drainase tanpa diolah. Hal tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Perencanaan ini bertujuan untuk mendesain sistem penyaluran dan instalasi pengolahan air limbah domestik secara komunal. Tahapan perencanaan dimulai dari perizinan, survei lokasi, pengumpulan data, studi literatur, pengolahan data, pembahasan dan kesimpulan. Data yang digunakan dalam perencanaan adalah data primer, berupa kualitas air limbah dan survey kondisi eksisting dan data sekunder yang berupa HSPK Kota Surabaya, data topografi dan data pemakaian air bersih. Data primer diambil dari pengukuran langsung dilapangan dan pengambilan sampel di kelurahan Rangkah sedangkan data sekunder didapat dari dinas terkait. Jumlah penduduk yang dilayani pada perencanaan ini yaitu 21530 jiwa. Kualitas air limbah domestik yang diolah yaitu TSS= 140 mg/L, BOD = 142 mg/L, COD= 235 mg/L, Minyak dan lemak= 12 mg/L, Amoniak= 22,47 mg/L dan Total koliform= 10^{12} MPN/100 mL sampel. Sistem penyaluran air limbah yang digunakan yaitu *shallow sewer* dengan diameter pipa yang digunakan 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm dan 300 mm. Kedalaman maksimum penanaman pipa air limbah yaitu pada kedalaman 2,99 m dengan titik pemompaan sebanyak 4 tempat. Sedangkan unit instalasi pengolahan air limbah yang digunakan yaitu kombinasi Anaerobic Baffled reactor (ABR) – Aerobic Biofilter dengan volume efektif masing-masing yaitu 696 m³ dan 274 m³. Kualitas effluen yang dihasilkan yaitu BOD = 4,8 mg/L, COD= 9,5 mg/L, TSS = 4,9 mg/L, NH₃ out= 5,1 mg/L, Total Koliform = 3000 MPN/100 mL. Total biaya yang dibutuhkan yaitu Rp. 29.297.569.000.

Kata Kunci—ABR, Aerobic Biofilter, Air Limbah Domestik, Rangkah, Shallow Sewer.

I. PENDAHULUAN

AIR limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air [1]. Air limbah domestik menjadi polutan terbesar yang masuk ke perairan dan berkontribusi dalam meningkatkan pencemaran [2]. Hal ini dikarenakan 60 – 80% dari air bersih yang digunakan akan dibuang ke lingkungan sebagai air limbah [3]. Air limbah domestik (*grey water*) pada Kelurahan Rangkah dibuang ke saluran tanpa diolah dahulu sehingga mencemari lingkungan. Sedangkan *black water* diolah menggunakan tangki septik.



Gambar 1. Peta wilayah perencanaan.

Pengolahan sistem terpusat merupakan sistem dimana air limbah dialirkan menggunakan perpipaan dari permukiman secara bersamaan dan kemudian dialirkan ke IPAL. Sistem pengolahan ini dapat menjadi solusi untuk daerah yang memiliki kepadatan penduduk tinggi dan lahan terbatas.

Teknologi pengolahan air limbah yang digunakan dalam perencanaan ini adalah kombinasi *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) dengan *Aerobic Biofilter* (AF). Teknologi ini dipilih karena memiliki beberapa kelebihan seperti biaya operasional yang rendah, efisiensi pengolahan tinggi, tidak memakan banyak lahan karena dapat dibangun di bawah tanah [4]. Kekurangan pengolahan anaerobik yaitu tidak dapat meremoval ammonia sehingga diperlukan unit pengolahan tambahan berupa pengolahan aerobik berupa *aerobic biofilter*.

Aerobic Biofilter adalah salah satu pengolahan biologis dalam sistem pengolahan air limbah. Unit ini terdiri dari media tempat mikroorganisme tumbuh dan dilengkapi dengan sistem aerasi [5]. Dengan proses biofilter aerob polutan organik yang masih tersisa akan terurai menjadi gas karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O), amoniak akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya akan menjadi nitrat, sedangkan gas H₂S akan diubah menjadi sulfat [6].

II. GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

A. Gambaran Umum

Kecamatan Tambaksari adalah salah satu kecamatan yang terletak di Surabaya Timur. Daerah ini sebagai kawasan permukiman, pemerintahan, perdagangan, industri dan jasa. Kecamatan Tambaksari terbagi menjadi 8 kelurahan yaitu Kelurahan Tambaksari, Rangkah, Gading, Kapas Madya

Baru, Dukuh setro, Pacar keling, Pacar kembang dan Ploso dengan luas total sebesar 9,10 m². Wilayah perencanaan yang diambil yaitu pada Kelurahan Rangkah. Lokasi wilayah perencanaan dapat dilihat pada Gambar 1

Kecamatan Rangkah merupakan wilayah dengan elevasi tanah relatif datar, yaitu sekitar 3-4 meter di atas permukaan air laut.

B. Kondisi Sanitasi

Angka Buang Air Besar Sembarangan (BABS) di Kelurahan Rangkah terbilang tinggi. Berdasarkan data yang didapatkan dari puskesmas Rangkah, kasus BABS yang ditemukan sebanyak 1904 kasus di Tahun 2018.

III. METODE PERENCANAAN

A. Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan dalam perencanaan ini ada dua, yaitu data primer dan data sekunder. Uraian data dari masing-masing jenis data adalah sebagai berikut:

1) Data Primer

- a. Kualitas air limbah domestik kaku dan non-kaku
Data ini didapatkan dari hasil analisis laboratorium terhadap air limbah dari Kelurahan Rangkah.
- b. Kepemilikan fasilitas sanitasi dan sikap masyarakat
Data ini digunakan untuk menentukan sistem yang akan diterapkan untuk SPAL. Data sikap masyarakat digunakan untuk mengetahui kesediaan masyarakat terhadap rencana pembangunan SPAL dan IPAL.
- c. Rencana lokasi IPAL
Data ini digunakan untuk menentukan lokasi pembangunan IPAL. Data didapatkan dengan cara observasi langsung untuk mencari lahan milik pemerintah yang dapat digunakan.
- 2) Data Sekunder
 - a. Informasi demografi
Informasi demografi digunakan untuk melakukan proyeksi penduduk. Data didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.
 - b. Pemakaian air bersih
Data pemakaian air bersih digunakan untuk menentukan debit air limbah. Data ini didapatkan dari PDAM Kota Surabaya selama satu tahun terakhir.
 - c. Baku mutu air limbah domestik
Baku mutu digunakan untuk menentukan efisiensi penyisihan yang dibutuhkan untuk masing-masing unit pengolahan pada IPAL. Baku mutu mengacu pada Peraturan Menteri LHK No. 68 Tahun 2016.
 - d. Informasi kondisi sanitasi
Data kondisi sanitasi yang dimaksud adalah angka BABS. Data ini digunakan untuk menentukan sistem SPAL dan IPAL yang tepat. Data didapatkan dari Puskesmas Rangkah.
 - e. Topografi lahan
Data topografi lahan digunakan untuk mengetahui elevasi permukaan tanah. Data didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematuan Kota Surabaya.

- f. Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya

tahun 2019

HSPK digunakan dalam perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Data ini didapatkan dari internet yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Kota Surabaya.

B. Analisis Data dan Perencanaan

Analisis data dilakukan setelah proses pengumpulan data, baik dari data primer maupun sekunder. Terdapat dua aspek yang dibahas dalam perencanaan ini, yaitu aspek teknis dan finansial. Aspek teknis membahas mengenai rencana teknis SPAL dan IPAL, sedangkan aspek finansial berupa perhitungan BOQ dan RAB. Berikut ini adalah proses pengolahan data beserta analisisnya.

- a. Perhitungan debit air limbah dilakukan berdasarkan dari pemakaian air bersih kemudian dikonversikan menjadi debit air limbah.
- b. Penentuan sistem penyaluran air limbah domestik yang akan diterapkan.
- c. Perencanaan SPAL berupa perhitungan dimensi pipa, jenis pipa dan penanaman pipa. Gambar perencanaan berupa denah pipa, profil hidrolis, dan detail bangunan pelengkap.
- d. Penetapan baku mutu air limbah disesuaikan dengan Peraturan Menteri LHK No. 68 Tahun 2016.
- e. Pemilihan unit pengolahan IPAL.
- f. Penentuan kriteria desain perencanaan didapatkan dari studi literatur.
- g. Perencanaan dimensi unit pengolahan dan gambar kerja. Tahap pertama adalah menetapkan efisiensi dari unit pengolahan sehingga dihasilkan efluen yang memenuhi baku mutu. Gambar perencanaan meliputi denah bangunan, potongan memanjang dan melintang, gambar detail bangunan. Gambar dibuat menggunakan perangkat lunak AutoCAD 2013 dengan skala yang disesuaikan.
- h. Perhitungan BOQ.
- i. Perhitungan RAB.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proyeksi Penduduk

Penentuan metode yang tepat untuk proyeksi penduduk dilakukan dengan perhitungan standar deviasi. Berdasarkan perhitungan standar deviasi didapatkan metode least square adalah metode yang menghasilkan standar deviasi paling kecil daripada metode lain. Sehingga digunakan metode geometrik untuk proyeksi penduduk. Periode perencanaan ini selama 10 tahun. Jumlah penduduk dan KK terlayani yaitu 21530 jiwa atau 5382 KK.

B. Perhitungan Debit Air Limbah

Debit air limbah ditentukan dengan menggunakan data pemakaian air bersih PDAM. Data yang digunakan dari bulan Maret 2019 sampai Februari tahun 2020. Persentase air limbah terhadap pemakaian air bersih adalah 80%. Pemakaian air bersih rumah tangga sebesar 0,192 m³/orang.hari. sehingga debit air limbah adalah sebagai berikut:

Tabel 1.
Karakteristik air limbah domestik

Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
pH	-	7,5 ^a	6 – 9 ^d
TSS	mg/L	140 ^b	30 ^d
BOD	mg/L	142 ^b	30 ^d
COD	mg/L	235 ^b	50 ^d
Minyak dan lemak	mg/L	12 ^b	5 ^d
Amoniak	mg/L	22,47 ^c	10 ^d
Total koliform	MPN/100 mL	10 ^{12 a}	3000 ^d

^aHasil analisis laboratorium

^bBerbagai studi literatur

^cPeraturan Menteri LHK No. 68 Tahun 2016

^dPeraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

Tabel 2.
Nilai kualitas efluen IPAL

No	Parameter	Satuan	Unit Pengolahan			
			GT*	ABR**	AF***	Disinfeksi
1	BOD	mg/L	142	30	5,4	5,4
2	COD	mg/L	235	62,3	10,5	10,5
3	TSS	mg/L	140	30	5	5
4	NH4-N	mg/L	22,47	22,47	5,2	5,2
5	Minyak dan lemak	mg/L	2,4	2,4	2,4	2,4
6	Total coliform	MPN/100L	1E+12	1E+12	1E+11	3000

*GT – grease trap

**GC – Anaerobic Baffle Reactor

***AF – Aerobic Biofilter

Debit air limbah (Q_{AL}) = Kebutuhan air bersih × 80%
 = 0,192 × 80%
 = 0,157 m³/orang.hari

C. Perencanaan SPAL

SPAL menggunakan sistem *shallow sewer* karena wilayah perencanaan memiliki kepadatan penduduk yang tinggi. Hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan *shallow sewer* adalah kecepatan pada saat debit puncak agar terjadi *self cleansing*. Apabila ada ruas pipa yang tidak mencapai kecepatan *self cleansing* pada saat debit puncak maka perlu dilakukan penggelontoran. Sistem penyaluran terdiri dari pipa primer, sekunder, dan tersier.

Slope perlu diperhatikan dalam perencanaan disemisi SPALD agar aliran yang terjadi memiliki kecepatan *self cleansing*. Slope ini juga akan berpengaruh pada diameter pipa air limbah. Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No. 04 Tahun 2017, diameter pipa minimum untuk SPALD adalah 100 mm karena SPAL membawa padatan. PVC (polyvinyl chloride) banyak digunakan karena mempunyai banyak keuntungan antara lain: mudah dalam penyambungan, ringan, tahan korosi, tahan asam, fleksibel, dan karakteristik aliran sangat baik. Drop manhole dipasang apabila pertemuan pipa air limbah lebih memiliki beda elevasi minimal 0,5 m.

Langkah – langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Tentukan nilai d/D
2. Menghitung nilai Q_{full} (m³/s)

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

3. Menghitung Diameter hitungan dan diameter terpasang (mm)

$$Q = \frac{0,312}{n} [D]^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

4. Menghitung nilai Q_{full check} (m³/s) dari diameter hitungan (mm) dan V_{full}

$$Q = \frac{0,312}{n} [D]^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Cek V_{full} = Q_{full cek} / A_{full}

5. Menghitung Q_{min}/Q_{full} Cek
6. Menghitung V_{full} dan V_{min} (m/s)

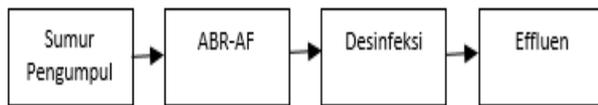
Berdasarkan nilai Q_{min}/Q_{full} melalui grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer*, maka D_{min}/D dan V_{min}/V_{full} adalah sebagai berikut :

- a. V_{full} = Q_{full}/A_{full}
- b. V_{min} = (V_{min}/V_{full}) × V_{full}

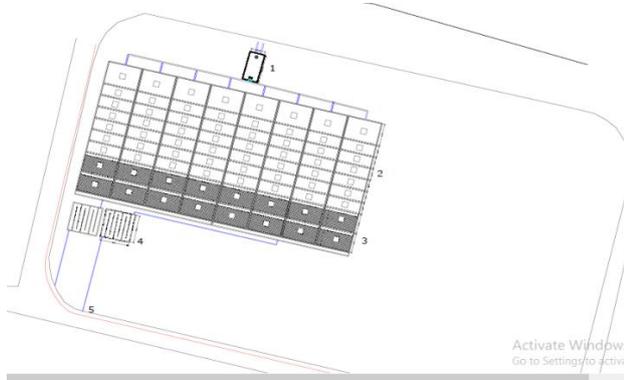
Hasil perencanaan SPAL yaitu menggunakan pipa PVC kelas B dengan diameter 104 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm dan 300 mm. Pipa air limbah ditanam di bawah pipa air minum yaitu mulai 1 m dari permukaan tanah. Pertimbangan dari pemasangan pipa air limbah di bawah jaringan pipa air minum adalah karena mengurangi risiko kontaminasi apabila terjadi kebocoran pada pipa air limbah. Kedalaman penanaman pipa maksimum yaitu pada kedalaman 2,99 m.

D. Perencanaan IPAL

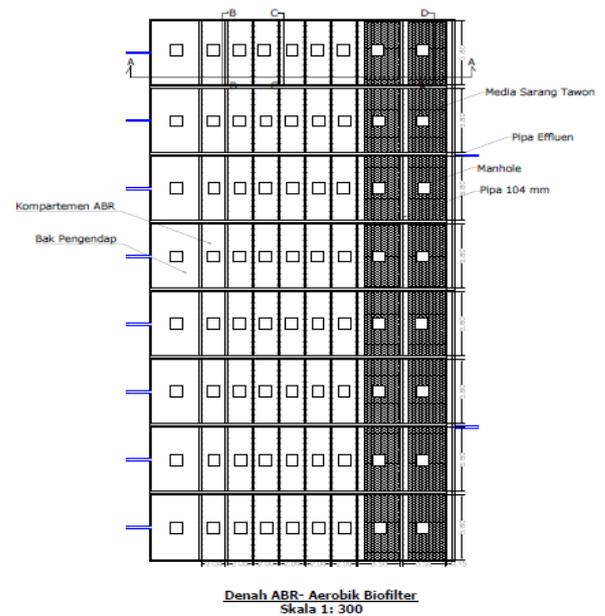
Karakteristik air limbah domestik didapatkan dari uji laboratorium dan studi literatur. Kualitas air limbah yang digunakan dalam perencanaan ini dapat dilihat pada Tabel 1. IPAL direncanakan menggunakan unit *barscreen* dan *sumur pengumpul*, *ABR*, *Aerobic Biofilter*, dan disinfeksi. Air limbah yang dibawa oleh SPAL telah diolah terlebih dahulu



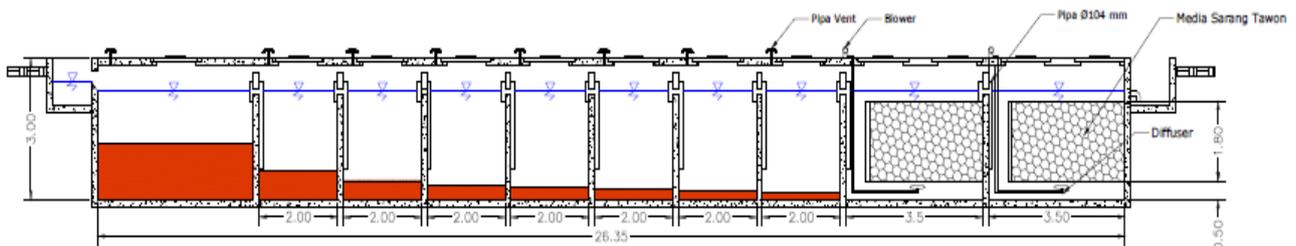
Gambar 2. Bagan alir pengolahan.



Gambar 3. Layout lahan IPAL.



Gambar 4. Denah ABR-AF.



Gambar 5. Potongan A-A ABR-AF.

dengan unit *grease trap* yang terpasang di masing-masing rumah. Bagan alir pengolahan dapat dilihat pada Gambar 2.

Perhitungan dimensi unit mengacu pada kriteria desain sebagai berikut:

1) *Kriteria desain sumur pengumpul* [7]

Waktu detensi = 10 menit

2) *Kriteria desain barscreen* [7]

- a. Lebar bar = 5 – 15 mm
- b. Tebal bar = 25 – 38 mm
- c. Bukaannya antar bar = 25 – 50 mm
- d. Slope terhadap horizontal = 45 - 600
- e. Kecepatan maksimum = 0,3 – 0,6 m/detik
- f. Headloss yang diperbolehkan = 150 mm
- g. Headloss saat clogging = 800 mm
- h. Faktor bentuk persegi panjang = 2,42

3) *Kriteria desain ABR* [8]

- a. Up flow velocity = <2 m/jam
- b. Hydraulic Retention Time (HRT) = >8 jam
- c. Panjang kompartemen = 50-60% ketinggian
- d. Efisiensi penyisihan BOD = 65-90%
- e. Efisiensi penyisihan COD = 70-95%
- f. Organic Loading = <3 kg COD/m³.hari

4) *Kriteria desain Aerobic Biofilter* [9]

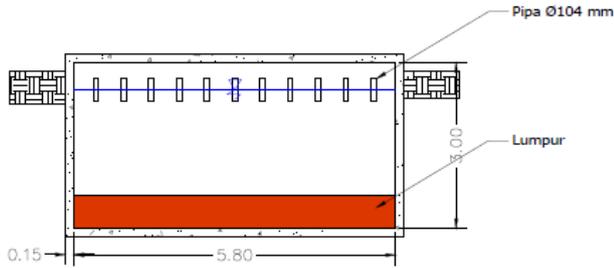
- a. Surface loading = 5-30 kg BOD/m².hari
- b. Beban BOD per volume media = 0,5-4 kg BOD/m³
- c. HRT = 6-8 jam
- d. Tinggi media = 1,2 m
- e. Tinggi air diatas media = 0,2 m

Jumlah bak pada masing-masing unit adalah 1 unit sumur pengumpul, 8 unit ABR-AF, dan 2 unit bak kontak disinfeksi. Hasil dari perhitungan dimensi IPAL adalah sebagai berikut.

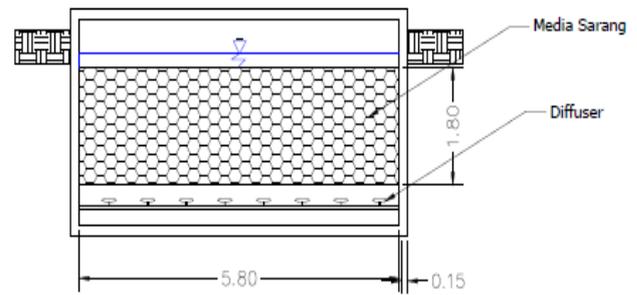
- a. ABR = 5,8 m × 15 m × 3 m
- b. Sumur pengumpul = 2,5 m × 5,0 m × 4,51 m
- c. AF = 5,8 m × 7 m × 3 m
- d. Disinfeksi = 6,2 × 6,2 × 2 m

Efluen IPAL telah memenuhi baku mutu yang disyaratkan. Nilai dari masing-masing parameter air efluen dapat dilihat pada Tabel 2.

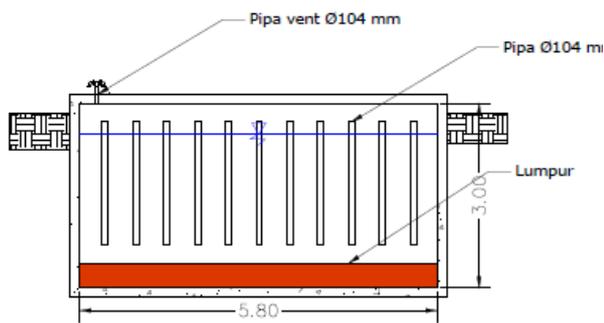
Lahan IPAL yang tersedia adalah 0,5 Ha sedangkan lahan terpakai untuk unit pengolahan adalah 0,15 Ha. Layout dari IPAL dapat dilihat pada Gambar 3.



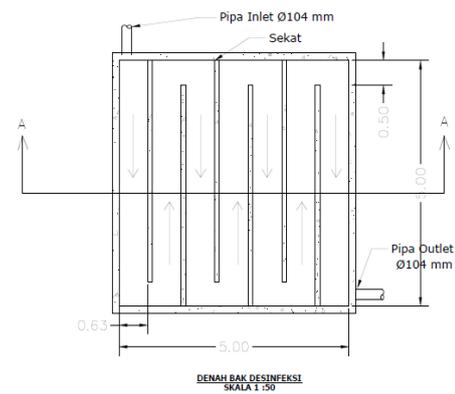
Gambar 6. Potongan B-B ABR.



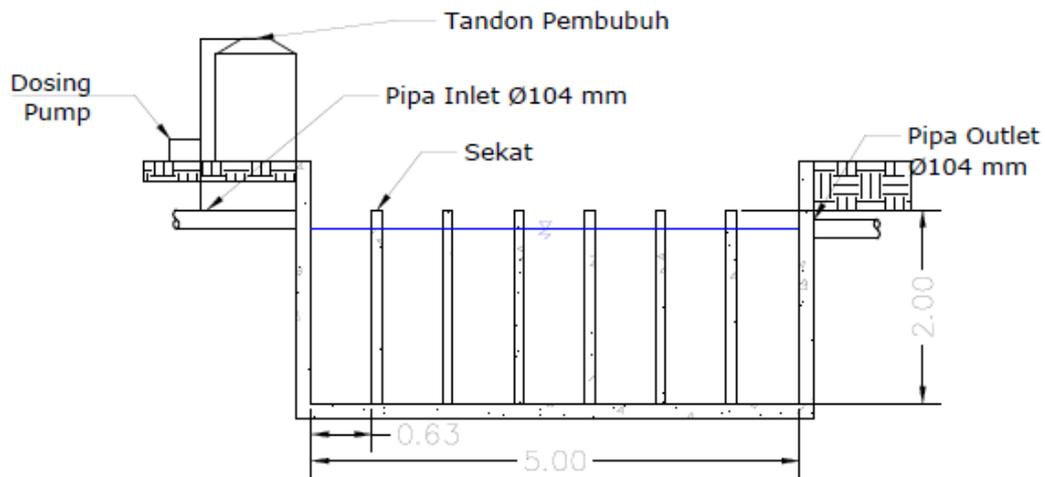
Gambar 8. Potongan D-D aerobic biofilter.



Gambar 7. Potongan C-C ABR.



Gambar 9. Denah disinfeksi.



Gambar 10. Potongan disinfeksi.

Hasil perencanaan menghasilkan unit pengolahan berupa ABR-AF. Detail unit pengolahan dapat dilihat pada Gambar 4 – Gambar 8.

Sedangkan untuk unit disinfeksi menggunakan kaporit sebagai desinfektan. Kaporit dipilih sebagai desinfektan dalam pengolahan limbah cair karena klor pada kaporit terutama HOCl umumnya efektif untuk menghilangkan patogen dan bakteri indikator [10]. Kaporit yang dibutuhkan

yaitu 10,4 kg/hari. Detail bangunan disinfeksi dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.

E. Rencana Anggaran Biaya

Total biaya untuk konstruksi untuk SPAL adalah 21.840.588.000. dan biaya untuk IPAL adalah 4.793.565.000. sehingga total dan ditambah PPN 10% adalah Rp. 29.297.569.000.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat ditarik kesimpulan dari perencanaan ini. Kesimpulan dari perencanaan ini adalah sebagai berikut: (1) Jumlah IPAL yang direncanakan untuk Kelurahan Rangkah sebanyak 1 IPAL yang melayani penduduk sebanyak 21530 jiwa dengan debit sebesar 4406,4 m³/hari; (2) Sistem perpipaan air limbah yaitu menggunakan shallow sewer. Pipa yang digunakan yaitu pipa PVC Kelas B SDR-41 untuk IPAL dengan diameter pipa yaitu 104 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm dan 300 mm. Kedalaman penanaman pipa air limbah maksimum yaitu pada kedalaman 2,99 m dengan 4 titik pemompaan; (3) Perencanaan IPAL menggunakan Anaerobic Baffle Reactor dan Aerobic Filter. Jumlah ABR dan Aerobic Biofilter sebanyak 8 unit dengan dimensi total 5,8 m × 15 m × 3m dan aerobic biofilter dengan dimensi 5,8 m × 7 m × 3m. Volume efektif masing-masing unit yaitu 696 m³ dan 274 m³; (4) Jumlah biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan SPAL dan IPAL yaitu sebesar Rp. 29.297.569.000.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, *Peraturan Menteri*

- Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Jakarta, 2016.
- [2] A. Y. Katukiza, M. Ronteltap, C. B. Niwagaba, J. W. A. Foppen, F. Kansime, and P. N. L. Lens, "Sustainable sanitation technology options for urban slums," *Biotechnology Advances*, vol. 30, no. 5, 2012, doi: 10.1016/j.biotechadv.2012.02.007.
- [3] A. U. W. Astika, S. Sudarno, and B. Zaman, "Kajian kinerja bak settler, anaerobic baffled reactor (Abr), dan anaerobic filter (Af) pada tiga tipe ipal di Semarang," *J. Tek. Lingkung.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–15, 2017.
- [4] World Bank, "Review of Decentralized Wastewater Treatment Systems in Indonesia," Washington DC, no. June, pp. 1–32, 2013.
- [5] H. Hasan, S. Abdullah, S. Kamarudin, and N. Kofli, "A review on the design criteria of biological aerated filter for COD, ammonia and manganese removal in drinking water treatment," *Inst. Eng.*, vol. 70, no. 4, 2009.
- [6] Kementerian Kesehatan RI, "Pedoman Teknis Pengolahan Air Limbah dengan Anaerobik Aerobik Biofilter untuk Fasilitas Kesehatan," Jakarta, 2011.
- [7] G. Tchobanoglous, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*, 5th ed. New York: Mc Graw Hill Book Company, Inc, 2014.
- [8] L. Sasse, "DEWATS: Decentralised wastewater treatment in developing countries," *Borda*, pp. 1–161, 1998.
- [9] N. I. Said, "Teknologi biofilter anaerob-aerob untuk pengolahan air limbah domestik (perkantoran , rumah sakit , hotel dan domestik industri)," *Pros. Semin. Nas. dan Konsult. Teknol. Lingkung.*, no. September, pp. 99–108, 2018.
- [10] N. I. Said, "Disinfeksi untuk proses pengolahan air minum," *J. Air Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 15–28, 2018, doi: 10.29122/jai.v3i1.2314.