

Pengelolaan Air Limbah Domestik Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang

Salsabyla Zakkhita Nurmala Devi dan Ipung Fitri Purwanti
Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: purwanti@enviro.its.ac.id

Abstrak—Kecamatan Bergas, khususnya Kelurahan Pagersari merupakan salah satu area pengembangan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T). Menurut SSK Semarang tahun 2017, Kelurahan Pagersari adalah daerah yang memiliki tingkat resiko tinggi dengan penyebab utama resiko ialah air limbah. Masyarakat masih menyalurkan *greywater* pada selokan atau saluran drainase yang mengakibatkan pencemaran. Sehingga daerah ini membutuhkan perencanaan sistem pengolahan air limbah terpusat. Perencanaan sistem ini terdiri atas Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah dan Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk *greywater*. Perencanaan dimulai dengan pengumpulan data primer dan sekunder, selanjutnya melakukan analisis hasil survei, analisis kualitas dan kuantitas air limbah, perencanaan sistem penyaluran dan IPAL, serta penyusunan rencana anggaran biaya. Sistem penyaluran air limbah menggunakan sistem konvensional, dengan pipa PVC diameter 76 mm hingga 216 mm. Sedangkan IPAL menggunakan unit sumur pengumpul yang dilengkapi *barscreen*, *anaerobic baffled reactor* (ABR), *aerobic biofilter* (ABF) serta desinfeksi. Kualitas efluen yang dapat dicapai dengan unit pengolahan tersebut adalah TSS 8,36 mg/l, BOD 4,92 mg/L, COD 18,12 mg/L, minyak lemak 2,8 mg/L, Amonia 1,08 mg/L NH₃-N, dan Total coliform $2,4 \times 10^7$ mg/L. Luas lahan IPAL yang dibutuhkan ialah 138,25 m². Sedangkan total biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan sebesar Rp 1.445.350.450.

Kata Kunci—ABF, ABR, IPAL, Kelurahan Pagersari, SPALD-T.

I. PENDAHULUAN

KECAMATAN Bergas merupakan salah satu wilayah dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi serta memiliki berbagai masalah lingkungan. Meskipun tingkat *open defecation free* (ODF) sudah mencapai 100% di wilayah ini, tetapi penduduk masih membuang atau mengalirkan *grey water* menuju saluran drainase di depan rumah, lalu saluran tersebut bermuara ke sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, sehingga menyebabkan adanya pencemaran. Sedangkan rencana sistem pembuangan setempat (*on-site*), serta penerapan sistem komunal pada wilayah-wilayah padat penduduk diwajibkan. Sehingga perencanaan pengolahan *grey water* dibutuhkan.

Wilayah perencanaan ialah Kelurahan Pagersari, yang memiliki tingkat resiko pencemaran tinggi, dan salah satu area pengembangan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T), serta merupakan salah satu dari tiga wilayah dengan pelayanan penduduk terbesar diantara wilayah dengan tingkat resiko tinggi lainnya (SSK, 2017).

Efluen air limbah tentunya akan berguna apabila dapat digunakan kembali untuk kegiatan masyarakat. Masyarakat diharapkan dapat menghemat penggunaan air bersih.

Kebutuhan air bersih semakin tahun akan meningkat, sebanding dengan pertumbuhan penduduk. Disisi lain, lahan pertanian Kelurahan Pagersari sangat luas dan membutuhkan air untuk sistem irigasi. Sehingga kebutuhan air di wilayah ini sangat tinggi.

Pengolahan air limbah yang digunakan terdiri dari sumur pengumpul yang dilengkapi *barscreen*, *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), *Aerobic Biofilter* (ABF), serta desinfeksi. Sumur pengumpul berfungsi untuk mengumpulkan air limbah, sedangkan *barscreen* berfungsi menyaring sampah yang terbawa air limbah. ABR sebagai pengolahan biologis tersuspensi, memiliki keuntungan biaya yang dibutuhkan sedikit, serta efisiensi penyisihan cukup baik [1]. Sedangkan ABF merupakan pengolahan biologis dengan media terlekat.

II. GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

Kecamatan Bergas termasuk wilayah geografis Kabupaten Semarang dengan ketinggian 490 meter di atas permukaan laut. Luas wilayah Kecamatan Bergas ialah 4.733,10 Ha, dengan jumlah kelurahan sebanyak 13 kelurahan. Kelurahan Pagersari ialah salah satu kelurahan di Kecamatan Bergas. Kondisi eksisting masyarakat di Kelurahan Pagersari masih membuang *greywater* menuju selokan atau saluran drainase di depan rumahnya. Saluran tersebut bermuara ke sungai sehingga menyebabkan pencemaran seperti yang terlihat pada Gambar 1.

III. METODE PERENCANAAN

A. Pengumpulan Data

Perencanaan dimulai dari pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer meliputi observasi lapangan, pembagian kuesioner penggunaan air bersih pada masyarakat, serta sampling air limbah domestik. Observasi lapangan digunakan untuk mengetahui kondisi eksisting wilayah perencanaan, seperti kondisi jalan, kondisi eksisting pengelolaan air limbah, dan ketersediaan lahan untuk lokasi IPAL. Pembagian kuesioner penggunaan air bersih dilakukan untuk mengetahui kebutuhan air bersih di wilayah perencanaan. Berdasarkan data penggunaan air bersih, dapat diketahui debit air limbah yang dihasilkan. Sedangkan sampling air limbah domestik digunakan untuk mengetahui karakteristik air limbah yang akan diolah pada IPAL.

Data sekunder yang dibutuhkan meliputi baku mutu air limbah domestik dan baku mutu air bersih, dokumen RTRW Kabupaten Semarang, data kependudukan dan sanitasi Kecamatan Bergas, HSPK Kota Semarang, serta data elevasi dan kontur. Baku mutu air limbah yang digunakan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, dan



Gambar 1. Kondisi eksisting wilayah perencanaan.

baku mutu air kelas III menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. Dokumen RTRW Kabupaten Semarang, digunakan sebagai salah satu acuan perencanaan. Data kependudukan digunakan untuk mengetahui jumlah penduduk dan persebaran penduduk. Data sanitasi digunakan sebagai salah satu dasaran perencanaan. HSPK Kota Semarang digunakan untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan. Sedangkan data elevasi dan kontur digunakan untuk merencanakan lokasi IPAL, perencanaan jaringan perpipaan serta bangunan pelengkapanya.

B. Analisis Data dan Perencanaan

Tahapan perencanaan meliputi:

1. Analisis hasil survey masyarakat berupa penggunaan air bersih
2. Kualitas dan kuantitas air limbah
3. Perencanaan jaringan perpipaan air limbah
4. Perencanaan pengolahan air limbah
5. Penyusunan Bill Of Quantity (BOQ) dan RAB dalam pembangunan sistem jaringan perpipaan dan pengolahan air limbah.

C. Kesimpulan

Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan. Kesimpulan berguna untuk menarik sebuah inti dari data yang telah diolah dalam bentuk perencanaan.

IV. HASIL PERENCANAAN

A. Analisis Hasil Survei Masyarakat

Analisis dilakukan setelah melakukan penyebaran kuesioner kepada masyarakat di wilayah perencanaan. Tujuan penyebaran kuesioner adalah mengetahui kebutuhan

Tabel 1.
Karakteristik air limbah

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Air Limbah
pH	-	5 - 9	6,6
BOD	mg/L O ₂	6	170
COD	mg/L O ₂	50	320
TSS	mg/L	30	324
Minyak	mg/L	5	28
Lemak			
Amonia	mg/L NH ₃ -N	10	5,42
Total Coliform	MPN/100 mL	3000	2,4 x 10 ⁸

Tabel 2.
Jumlah penduduk hasil proyeksi

Tahun	Jumlah Penduduk
2020	25.265
2021	25.439
2022	25.613
2023	25.788
2024	25.965
2025	26.143
2026	26.321
2027	26.502
2028	26.683
2029	26.866
2030	27.049
2031	27.235

atau penggunaan air bersih di wilayah perencanaan. Data kebutuhan air bersih yang diperoleh, digunakan untuk menghitung debit air limbah yang dihasilkan. Berdasarkan hasil survei didapatkan data penggunaan air bersih masyarakat ialah 136,04 L/orang.hari.

B. Kualitas dan Kuantitas Air Limbah

Kualitas air limbah didapatkan melalui uji karakteristik air limbah di Kecamatan Bergas. Sampel air diambil pada efluen saluran air limbah rumah tangga yang menuju ke drainase atau selokan di depan setiap rumah dan dianalisis di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan ITS. Karakteristik air limbah dapat dilihat pada Tabel 1. Kuantitas atau debit air limbah dihitung dari 80% penggunaan air bersih. Hasil perhitungan debit air limbah yaitu 109 L/orang.hari.

C. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah

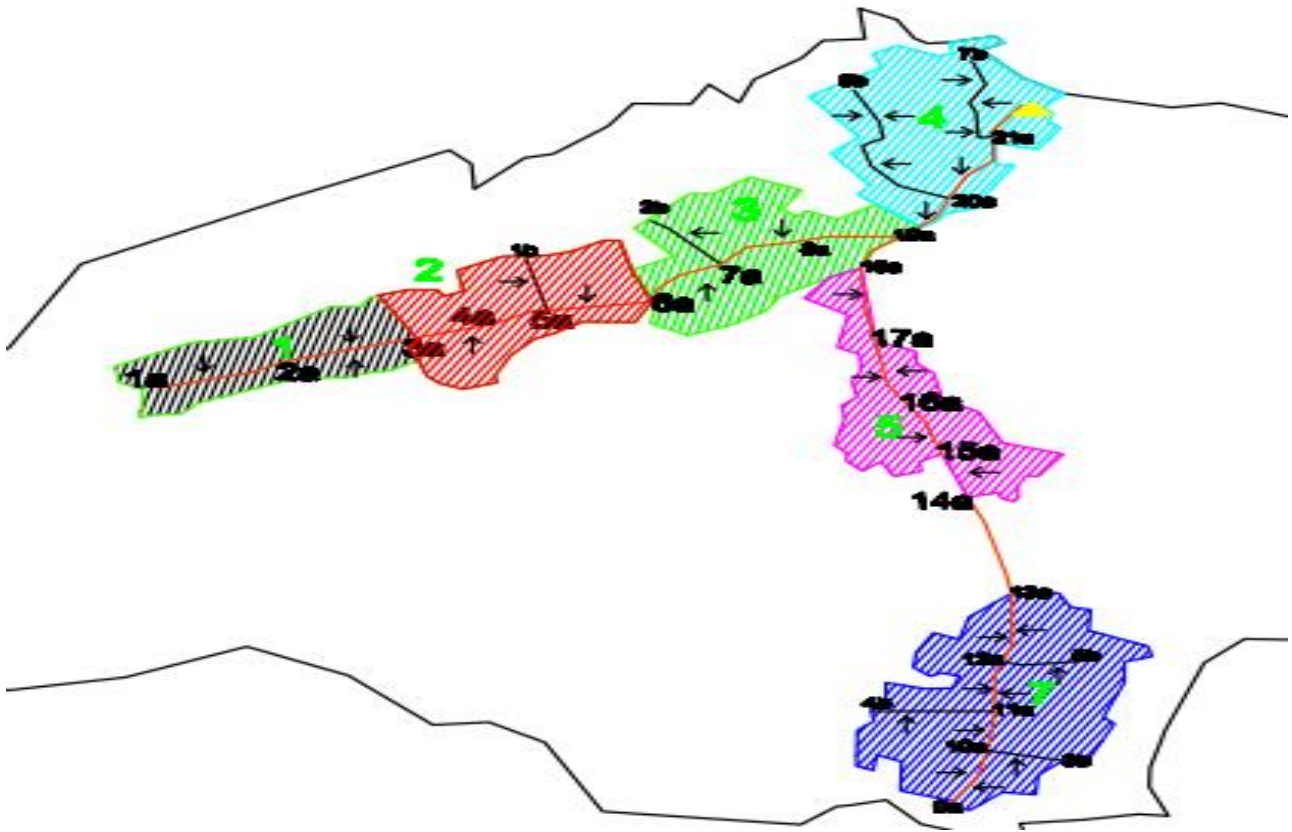
Sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat di Kecamatan Bergas melayani 100% penduduk pada wilayah perencanaan. Sistem penyaluran yang digunakan pada perencanaan ini adalah sistem konvensional. Ruang lingkup perencanaan ini adalah perencanaan pipa primer dan pipa sekunder.

1) Proyeksi Penduduk

Periode perencanaan sistem pengelolaan air limbah domestik Kecamatan Bergas ialah 10 tahun, dimulai dari tahun 2021-2031. Penentuan proyeksi penduduk sesuai dengan periode perencanaan untuk mengetahui jumlah penduduk pada akhir periode. Metode yang digunakan dalam perhitungan proyeksi penduduk adalah metode geometrik. Proyeksi penduduk dapat dilihat pada Tabel 2.

2) Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah

Perencanaan diawali dengan pembagian blok yang didasarkan pada kondisi geografis wilayah perencanaan. Gambar 2 menunjukkan pembagian blok pada Kelurahan



Gambar 2. Pembagian blok kelurahan pagersari.

Pagersari.

Kelurahan Pagersari terbagi menjadi 6 blok wilayah yang menuju 1 IPAL. Pipa yang digunakan ialah pipa PVC dengan diameter antara 76 mm hingga 216 mm. Terdapat bangunan pelengkap di sepanjang perpipaan, yaitu manhole dan grease trap. Jumlah manhole ialah 63 buah. Manhole direncanakan tipikal dengan panjang 1,2 m dan lebar 0,9 m. Lubang masuk manhole berukuran 60 cm x 60 cm (Gambar 3). Sedangkan grease trap direncanakan tipikal dengan debit yang diolah ialah 50 m³/hari. Dimensi grease trap ialah panjang 1,6 m dan lebar 0,8 m (Gambar 4). Pemompaan tidak digunakan karena penanaman maksimal pipa hanya mencapai 4,15 m.

D. Perencanaan IPAL

IPAL direncanakan melayani 100% wilayah perencanaan. Jenis IPAL yang direncanakan ialah IPAL skala permukiman. Debit yang diolah pada IPAL ini ialah 516,44 m³/hari. Teknologi yang digunakan ialah sumur pengumpul, *barscreen*, ABR, ABF, dan desinfeksi. Unit ABR dipilih karena secara teknis tidak membutuhkan operator khusus serta tidak membutuhkan tambahan energi listrik sehingga dapat menghemat biaya operasional [1].

1) Sumur Pengumpul dan *Barscreen*

Sumur pengumpul direncanakan berjumlah 1 bak yang dilengkapi dengan *barscreen* di dalamnya. Td pada sumur pengumpul kurang dari 10 menit. Direncanakan kedalaman sumur pengumpul ialah 2 m. berdasarkan debit puncak 0,022 m³/detik, dan rasio panjang : lebar ialah 2:1 didapatkan dimensi sumur pengumpul yaitu panjang 2,5 m dan lebar 1,5 m (Gambar 5).

Sedangkan *barscreen* direncanakan dengan sistem pembersihan manual. Lebar bar sama dengan lebar sumur pengumpul yaitu 1,5 m. Sudut kemiringan *barscreen*

direncanakan 60°, sesuai dengan kriteria desain 60°-80° [2]. Pompa pada sumur pengumpul menggunakan pompa celup dengan merek Grunfos tipe SL1.80.100.15.4.50E.C. Head pompa ialah 3,92 m. Pembersihan pada *barscreen* dilakukan setiap bulan dan setiap kali ada sampah yang menyumbat.

2) *Anaerobic Baffled Reactor*

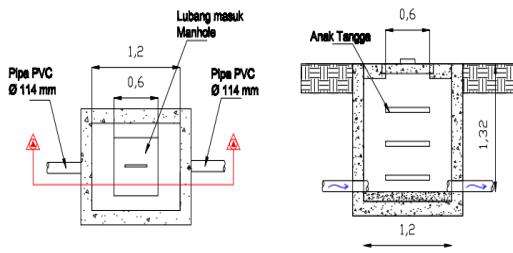
a) Tangki Pengendap

Tangki pengendap direncanakan 1 bak dengan HRT 6 jam. Berdasarkan HRT didapatkan efisiensi penyisihan TSS dan BOD sebesar 70% dan 43%. Sedangkan efisiensi penyisihan COD berdasarkan pada rasio ss/cod. Didapatkan efisiensi COD sebesar 30%. Sehingga efluen dari tangki pengendap ABR yang masuk menuju kompartemen ABR ialah TSS 97,2 mg/L, BOD 96,9 mg/L, COD 224 mg/L.

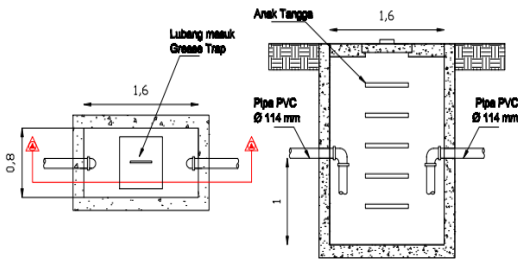
Periode pengurusan pada tangki pengendap direncanakan 1 tahun sekali. Sehingga produksi lumpur TSS yang terbentuk ialah 8550,4 kg/tahun dengan stabilisasi lumpur sebesar 80%. Volume lumpur yang terbentuk ialah 7,89 m³/tahun. Sedangkan dimensi tangki pengendap, direncanakan kedalaman tangki 4 m. berdasarkan kedalaman tersebut didapatkan panjang dan lebar tangki ialah 6 m dan 5 m.

b) Kompartemen ABR

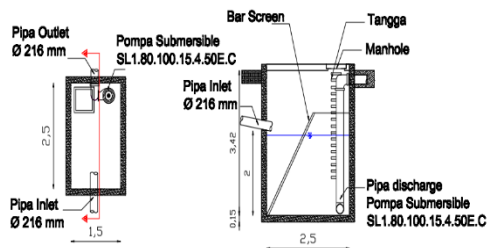
Pada kompartemen ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) yang direncanakan *Vup* kurang dari 2 m/jam, yaitu 1,5 m/jam. Sedangkan HRT direncanakan 10 jam [3]. Faktor BOD *loading* didapatkan berdasarkan perbandingan BOD yang masuk dengan volume total pada ABR. Didapatkan BOD *loading* sebesar 0,23 kg/m³.hari. Berdasarkan HRT dan *Vup* yang telah direncanakan, maka didapatkan volume kompartemen sebesar 48 m³. Jumlah kompartemen yang direncanakan sebanyak 4 kompartemen dengan dimensi panjang, lebar, serta kedalaman tiap kompartemen adalah 2,4



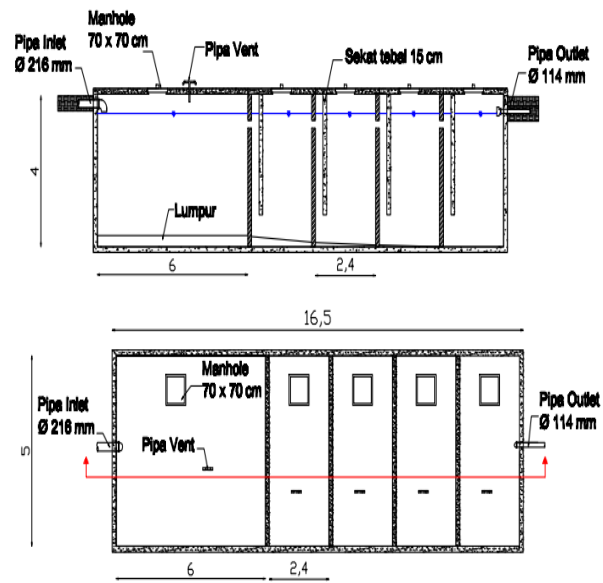
Gambar 3. Denah dan potongan manhole.



Gambar 4. Denah dan potongan grease trap.



Gambar 5. Denah dan potongan sumur pengumpul.



Gambar 6. Denah dan potongan ABR.

Tabel 3.
Kualitas efluen IPAL

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Efluen Limbah	Air
pH	-	5 - 9	6,6	
BOD	mg/L O ₂	6	4,92	
COD	mg/L O ₂	50	18,12	
TSS	mg/L	30	8,36	
Minyak	mg/L	5	2,8	
Lemak				
Amonia	mg/L NH ₃ -N	10	1,08	
Total Coliform	MPN/100 mL	3000	2,4 x 10 ⁷	

m, 5 m, dan 4 m. Panjang total ABR setelah ditambahkan dengan panjang tangki pengendap ialah 16,5 m (Gambar 6).

Efisiensi penyisihan pada TSS sebesar 57%, BOD sebesar 69,3%, dan COD sebesar 62,4 %. Efisiensi ini didapatkan berdasarkan faktor BOD loading, faktor *BOD removal to strength*, faktor *BOD removal to temperature*, faktor *BOD removal to number chamber*, serta faktor *BOD removal to HRT*. Produksi lumpur yang dihasilkan merupakan lumpur TSS dan lumpur BOD. Total lumpur yang dihasilkan pada kompartemen ialah 30,9 kg/hari. Efluen pada kompartemen ABR yaitu BOD 29,7 mg/L, COD 84,2 mg/L, TSS 41,7 mg/L. Sedangkan produksi biogas pada ABR dihitung berdasarkan COD yang masuk dan keluar, serta debit yang diolah. Produksi biogas pada ABR ialah 37,8 m³/hari.

3) Aerobic Biofilter (ABF)

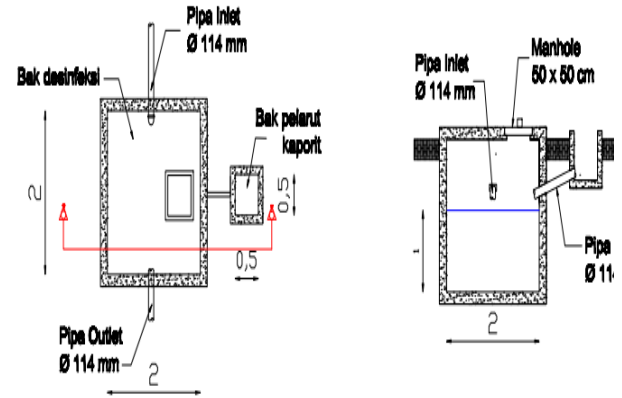
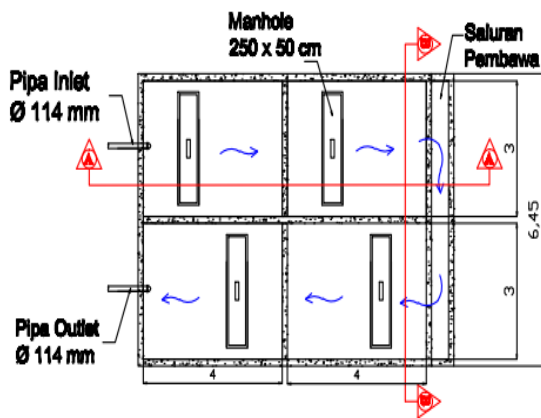
Efisiensi penyisihan tiap parameter pada ABF ialah BOD 90%, COD 90%, TSS 94%, NH₃ 94% [4]. Sehingga direncanakan efisiensi penyisihan pada BOD 85%, COD 80%, TSS 80%, NH₃ 80%. Didapatkan efluen ABF yaitu BOD 4,92 mg/L, COD 18,12 mg/L, TSS 8,36 mg/L, serta NH₃ 1,08 mg/L. SRT pada ABF yaitu 1,14 hari. SRT digunakan untuk menghitung laju nitrifikasi untuk memastikan Td pada ABF mencukupi untuk proses nitrifikasi. Produksi lumpur pada ABF yaitu 7,86 kg/hari. Dimensi ABF dihitung berdasarkan DO. DO direncanakan pada ABF ialah 4 mg/L agar tetap pada kondisi aerobik. Adapun kedalaman dan lebar reaktor direncanakan 3 m dan 3 m. didapatkan panjang reaktor ialah 16 m. jumlah kompartemen direncanakan terdapat 4 kompartemen, sehingga panjang tiap kompartemen ialah 4 m, dengan Td 7 jam. Panjang media direncanakan 3,2 m, serta lebar media 4 m. sehingga kedalaman media adalah 1,8 m (Gambar 7).

Media yang digunakan pada ABF ialah media plastik PVC sarang tawon. Media sarang tawon memiliki ketebalan 0,15 – 0,23 mm, dengan luas kontak spesifik 150-226 m²/m³. Diameter tiap lubang ialah 2 cm. dengan berat spesifik yaitu 30-35 kg/m³. Media ini memiliki porositas 98% [5].

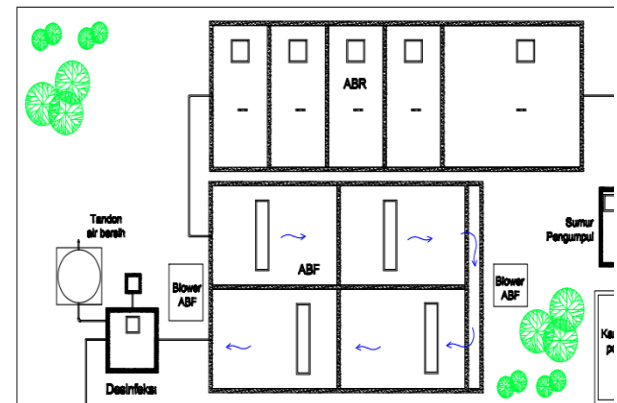
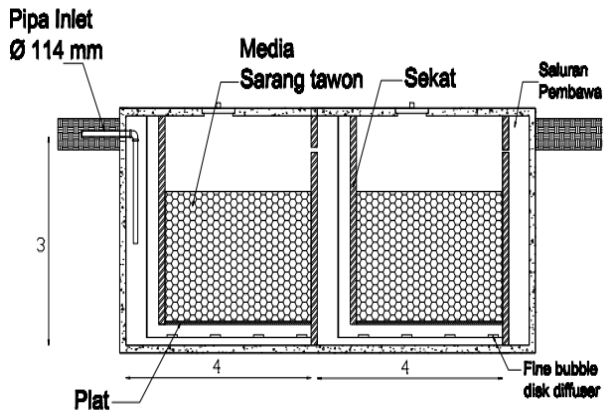
Kebutuhan udara pada ABF untuk proses aerasi ialah 909,4 m³/hari. Peralatan aerasi yang digunakan ialah diffuser dengan tipe *fine bubble disk diffuser* dan blower udara. Untuk diffuser menggunakan merek Suzler tipe ABS KKI 215 dengan jumlah 13 buah. Diffuser diletakkan pada bagian bawah reaktor agar proses aerasi lebih merata di seluruh reaktor. Sedangkan blower udara menggunakan merek Hiblow tipe HP-200 dengan jumlah 3 buah.

4) Desinfeksi

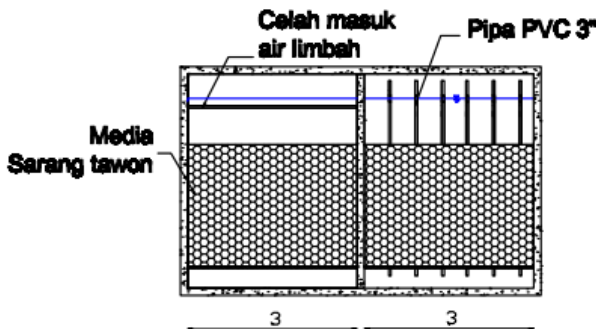
Desinfeksi menggunakan kaporit sebagai desinfektan. Dosis optimum yang digunakan dalam pembubuhan kaporit ialah 50 mg/L [6]. Berdasarkan debit air limbah yang masuk, didapatkan besaran volume kaporit yang dibutuhkan sebagai desinfektan yaitu 11,5 L/hari. Bak pelarut kaporit direncanakan untuk pelarutan kaporit sebelum kaporit masuk ke bak pembubuhan untuk proses desinfeksi. Sebagaimana dirancang bahwa bak pelarut memiliki dimensi panjang, lebar dan kedalaman 0,6 m, 0,6 m dan 0,5 m. Sedangkan bak pembubuhan memiliki Td 10 menit, dengan panjang, lebar dan tinggi ialah 2 m, 2 m, dan 1 m (Gambar 8). Seperti ditunjukkan pada Gambar 8, yaitu bahwa desinfeksi ini dapat meremoval total *coliform* sebanyak 2,16 x 10⁸ MPN/100 mL dari total semula.



Gambar 8. Denah dan potongan desinfeksi



Gambar 9. Layout IPAL.



Gambar 7. Denah dan potongan ABF.

5) *Letak dan Efluen IPAL*

IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) berlokasi di Kantor Kepala Desa Pagersari, Segeni. Luas lahan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) yang dibutuhkan ialah 138,25 m² (Gambar 9). IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) dilengkapi dengan pos jaga dan kantor serta tandon air bersih untuk menampung efluen IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Kualitas efluen IPAL dapat dilihat pada Tabel 3. Kualitas efluen tersebut dapat dimanfaatkan kembali sebagai air kelas III, yaitu air untuk keperluan pertanian dan perikanan.

6) *Standar Operasional Prosedur IPAL*

Pengoperasian dan pemeliharaan IPAL harus mengikuti Standar Operasional Prosedur (SOP) nya, yaitu:

- a. Pada saat start up IPAL, reaktor ABR dan ABF harus sudah terisi air.
- b. Sampah yang terakumulasi pada *barscreen* dapat dipisahkan dan dibuang menuju pengumpul sampah. Pembersihan bar screen 1 kali dalam sebulan.

- c. Pompa pada sumur pengumpul dan blower dicek secara berkala setiap 1 bulan sekali.
- d. ABR, mulai dari manhole, inlet dan outlet dicek 1 kali seminggu untuk memastikan tidak ada sampah atau kotoran yang mengganggu atau menyumbat.
- e. Lumpur pada ABR disedot setiap 1 – 2 tahun sekali.
- f. Unit AB F (manhole, saluran inlet dan saluran outlet) dicek setiap 1 minggu sekali, untuk memastikan tidak ada penyumbatan padatan atau sampah.
- g. Filter ABF dibersihkan setiap 1 tahun sekali dan diganti setiap 3 tahun sekali agar tidak terjadi penyumbatan.
- h. Pelarutan kaporit pada bak pelarut dilakukan setiap hari.
- i. Pemeriksaan secara berkala pada setiap unit dilakukan minimal 1 kali dalam sebulan

E. *Rencana Anggaran Biaya*

Penyusunan rencana anggaran biaya untuk sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat Kelurahan Pagersari Kecamatan Bergas disusun berdasarkan HSPK Kota Semarang Tahun 2017. Total biaya yang diperlukan untuk pembangunan sistem penyalurannya ialah Rp 740.357.200, biaya untuk bangunan pelengkap ialah Rp 259.463.450, dan biaya untuk pembangunan IPAL ialah Rp 445.529.800. Sehingga total biaya untuk pembangunan sistem pengolahan air limbah Kelurahan Pagersari Kecamatan Bergas ialah Rp 1.445.350.450.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, perencanaan sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat Kelurahan Pagersari Kecamatan Bergas

terdiri atas: (1) Pengelolaan air limbah domestik Kelurahan Pagersari Kecamatan Bergas mampu melayani 100% penduduk (1272 KK) yang terbagi dalam 6 blok; (2) Sistem penyaluran yang digunakan di Kelurahan Pagersari Kecamatan Bergas ialah sistem konvensional dengan diameter pipa berkisar antara 76 mm hingga 216 mm. Dimana pipa yang digunakan adalah pipa jenis PVC; (3) Instalasi pengolahan air limbah yang digunakan di Kelurahan Pagersari Kecamatan Bergas meliputi unit sumur pengumpul sebanyak 1 unit. ABR sebanyak 1 unit dan memiliki 4 kompartemen. Unit ABF sejumlah 1 unit dan terdiri dari 4 kompartemen. Desinfeksi sejumlah 1 unit. Luas lahan IPAL yang dibutuhkan ialah 138,25 m²; (4) Total biaya untuk pembangunan sistem pengolahan air limbah domestik terpusat Kelurahan Pagersari Kecamatan Bergas ialah Rp 1.445.350.450.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Willistania, P. I. Poetranto, M. Kaavessina, and M. Margono, "Fase deaktivasi fermentasi bioethanol dari sorgum dengan beads biokatalis ko-immobilisasi yeast dan enzim glukoamilase menggunakan Anaerobic Baffled Reactor (ABR)," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. "Kejuangan,"* p. F3 1-6, 2016.
- [2] R. Q. S., *Design Standarr For Municipal Wastewater Treatment Plants*, 2nd ed. Japan: Japan Sewage Works Association, 2013.
- [3] G. B., S. L., P. T., and R. T., *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries*, 1st ed. United Kingdom: Water, Engineering and Development Centre (WEDC), 2009.
- [4] I. Ikbal, "Peningkatan kinerja IPAL lumpur aktif dengan penambahan unit biofilter (Studi kasus IPAL Pasaraya blok M, kapasitas 420 M3/hari)," *J. Air Indones.*, vol. 9, no. 1, 2016.
- [5] N. I. Said, "Teknologi biofilter anaerob-aerob untuk pengolahan air limbah domestik," *Pros. Semin. Nas. dan Konsult. Teknol. Lingkung.*, pp. 99–108, 2018.
- [6] P. S. Komala, "Inaktivasi bakteri escherichia coli air sumur menggunakan disinfektan kaporit," *J. Dampak*, vol. 11, no. 1, pp. 34–47, 2014.