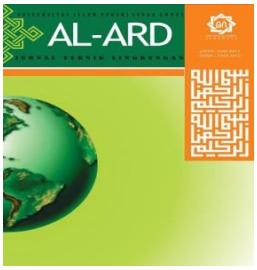


Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan
Vol.6 No.1 - September 2020 (hal. 10-19)
http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/alard/index

Al-Ard:
Jurnal
Teknik Lingkungan

Desain IPAL Domestik *Central Processing Plant (CPP) Gundih PT. Pertamina EP Asset 4 Cepu Field*

Aviandini Galih Hanuranti[1], Sulistiya Nengse[2], Arqowi Pribadi[3], Dyah Ratri Nurmaningsih[4], Teguh Taruna Utama[5]
[1,2,3,4,5] Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia
aviandinigh@gmail.com[1]

Abstract
PT. Pertamina Asset 4 Cepu Field has a natural gas processing facility, Central Processing Plant Gundih. Natural gas are derived from several structures, including Kedunglusi, Kedungtuban, and Randublatung. Implementation from daily activities of CPP Gundih includes operational and production activities. CPP Gundih has man power (workers per day) are 161. Operational (office) activities from 161 worker produce 21,896 m^3/day sewerage. With the content of several parameters such as Total Suspended Solid or TSS, Chemical Oxygen Demand or COD, and Biological Odygen Demand or BOD. The quality of these parameters was 33 mg/L, 100 mg/L, and 9,8 mg/L. Sewerage management of CPP Gundih currently stored in septic tanks, and run-off channeled through rainfed channels or drainage. It is necessary to plan the design of the sewerage treatment plant, because CPP sewerage has not treated. In this planning design, sewerage treatment plant with combination of biofilter anaerob aerob. Total cost required for the construction are Rp. 13.590.442,00,-.
Keyword: design, sewerage treatment plant, Central Processing Plant Gundih

Abstrak
PT. Pertamina EP Asset 4 Cepu Field mempunyai fasilitas pengolahan *natural gas* yaitu Central Processing Plant (CPP) Gundih. Fasilitas pengolahan *natural gas* yaitu berasal dari beberapa struktur, diantaranya Struktur Kedunglusi, Struktur Kedungtuban, dan Struktur Randublatung. Pelaksanaan kegiatan sehari-hari oleh CPP Gundih meliputi kegiatan operasional serta kegiatan produksi. CPP Gundih mempunyai jumlah pekerja setiap hari adalah 161 pekerja. Kegiatan operasional yaitu perkantoran oleh 161 pekerja menghasilkan air limbah domestik sebanyak 21,896 m^3/hari. Dengan kandungan atau kualitas beberapa parameter seperti total padatan tersuspensi atau TSS, *Chemical Oxygen Demand* atau COD, dan *Biological Oxygen Demand* atau BOD. Kualitas beberapa parameter tersebut berturut-turut 33 mg/L, 100 mg/L, dan 9,8 mg/L. Pengelolaan air limbah domestik saat ini ditampung pada tangki septik dan air limpasanya dialirkan melalui saluran tadah hujan atau *drainase*. Perlu dilakukan perencanaan desain IPAL domestik, karena belum dilakukanya pengolahan terhadap air limbah domestik yang dihasilkan. Dalam perencanaan desain ini, IPAL domestik dengan unit biofilter kombinasi yaitu anaerob aerob. Total biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan IPAL domestik adalah Rp. 13.590.442,00,-.
Kata kunci: desain, IPAL domestik, Central Processing Plant Gundih

1. PENDAHULUAN

Central Processing Plant (CPP) Gundih merupakan fasilitas pengolahan *natural gas* PT. Pertamina EP Asset 4 Cepu Field. CPP Gundih beralamat di Desa Sumber, Kecamatan Kradenan, Blora. Fasilitas pengolahan *natural gas* dari blok Gundih (Struktur Kedunglusi, Kedungtuban, dan Randublatung). Kegiatan operasional CPP Gundih berupa kegiatan perkantoran meliputi kegiatan administrasi, laboratorium produksi, dapur, dan mencuci. Kegiatan operasional (*office*) oleh CPP Gundih menghasilkan air limbah domestik. Air limbah domestik didefinisikan sebagai air cucian dari rumah tangga, terdiri dari air bekas yang bersumber dari *water closet*, *pantry* atau dapur, *wastafel* atau tempat mencuci, dan kamar mandi (Suhartono, 2008 dalam Octavianus dan Slamet, 2017). Air limbah domestik CPP Gundih dihasilkan dari kegiatan domestik (perkantoran) oleh 161 pekerja. Berasal dari lima gedung utama yaitu *security guard, security office, control building, workshop building,* dan *cold storage.*

Ratnaningsih, dkk (2019) menyebutkan bahwa air limbah domestik atau rumah tangga

adalah hasil dari kegiatan pemukiman, komersial, serta perkantoran. Secara umum pengelompokan air limbah domestik yaitu *grey water* dan *black water*. Air abu (*grey water*) sering disebut dengan *sullage* adalah air bekas yang dihasilkan dari kegiatan cuci bersih dari kamar mandi dan dapur. Air hitam atau *black water* dalam bentuk *faeces* dan urin. *Faeces* banyak mengandung bakteri pathogen sedangkan urin mempunyai kandungan nitrogen dan fosfor.

Grey water dan *black water* sebagai bentuk dari air limbah domestik CPP Gundih, saat ini ditampung dalam *septic tanks*. Air limpasan *septic tank* dialirkan menuju saluran air hujan atau drainase. Pengelolaan air limbah domestik tanpa dilakukan pengolahan ini menyebabkan beberapa masalah. Menurut Setiyawati & Purwanti (2016), beberapa masalah yang akan terjadi adalah meluapnya saluran drainase karena terjadinya penumpukan/pengendapan padatan yang masih terbawa oleh air limpasan *septic tank.* Timbulnya penyakit disebabkan karena terjadi pencemaran atau kerusakan lingkungan. Saluran drainase direncanakan secara terpisah antara saluran air limbah dan saluran air hujan (Menteri Pekerjaan Umum, 2014).

CPP Gundih tidak melakukan pengolahan air limbah domestik dan tidak memisahkan antara saluran pengumpulan air limbah domestik dengan saluran air hujan atau *drainase*. Pengolahan air limbah domestik dapat dilakukan secara fisik-kimia maupun biologis. Pengolahan secara fisik-kimia dengan menggunakan proses sedimentasi, koagulasi, flokulasi, dan oksidasi kimia. Pengolahan biologis menggunakan proses degradasi bahan organik dengan bantuan bakteri secara aerob maupun anaerob (Rosidi, 2017).

Pengolahan air limbah domestik sebagai upaya dalam pengelolaan lingkungan hidup/ tidak melakukan kerusakan. Sebagaimana diperintahkan dalam QS. Al-A'raf ayat 56, Allah *Subhanallahu wa Ta'ala* berfirman: "Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah Allah memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima), dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah dekat kepada orang-orang yang berbuat baik".

Perencanaan desain IPAL domestik ini dilakukan untuk analisis alternatif pengolahan yang tepat. Yaitu sesuai dengan karakteristik (kuantitas dan kualitas) air limbah domestik yang dihasilkan. Serta menghitung BOQ atau *Bill of Quantity* juga RAB (Rencana Anggaran Biaya) Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) domestik CPP Gundih. Perencanaan ini juga digunakan sebagai evaluasi yang dapat dijadikan masukan berupa desain IPAL domestik yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik di CPP Gundih.

2. METODE PENELITIAN

Perencanaan desain ini berlokasi pada salah satu fasilitas pengolahan *natural gas* PT. Pertamina EP Asset 4 Cepu Field yaitu Central Processing Plant (CPP) Gundih. Secara administratif CPP Gundih terletak di Desa Sumber, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Blora. Perencanaan dilakukan pada tanggal 17 Januari sampai dengan 20 April 2020. Perencanaan dimulai dengan pengambilan data dan dilaksanakan selama satu bulan, dimulai tanggal 9 Maret s/d 13 April 2020.

Terdapat emat urutan atau tahap perencanaan desain IPAL domestik CPP Gundih ini. Empat tahap tersebut diantaranya tahap persiapan, pelaksanaan, analisis data, serta penyusunan laporan. Tahap persiapan dilakukan dengan perumusan masalah dan studi literatur terkait. Tahap kedua adalah tahap pelaksanaan**.** Dilakukan pengumpulan data (primer dan sekunder). Kualitas air limbah domestik (BOD, COD, dan TSS) merupakan data primer yang diperoleh dari pengambilan sampel dan analisis laboratorium. Data sekunder berupa dokumen dan gambar meliputi jumlah pekerja, HSPK Kabupaten Blora tahun 2020, layout CPP Gundih, ketersediaan lahan, dan lokasi badan air penerima. Tahap ketiga adalah tahap analisis data. Dilakukan perhitungan (debit pemakaian air bersih, debit air limbah, dan debit puncak air limbah domestik). Penentuan karateristik, baku mutu influent, alternatif unit pengolahan, kriteria desain, penetapan alternatif yang akan digunakan. Perhitungan dimensi unit dan detailnya serta penggambaran DED (*Detail Engineering Design*). Perhitungan BOQ dan RAB, serta penyusunan SOP (*Standard Operating Procedure*). Tahap terakhir adalah tahap penyusunan laporan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kuantitas dan Kualitas Air Limbah Domestik

1) Kuantitas Air Limbah Domestik

Menurut Sugiarto, dkk (2014), jumlah rata-rata pemakaian air bersih berkorelasi dengan

debit air limbah domestik yang dihasilkan. Solichin (2018) menyebutkan, besarnya pemakaian air bersih peruntukan bangunan perkantoran adalah 80 L/orang/hari. Sedangkan air limbah yang dihasilkan setiap orang per hari adalah 85% dari pemakaian air bersih (Fair, *et. al,* 2011). Debit air limbah domestik yang dihasilkan di CPP Gundih berasal dari data jumlah pekerja yaitu 161 orang pekerja dengan rincian perhitungan sebagai berikut.

Diketahui:

Jumlah pekerja = 161 orang
Pemakaian air bersih = 80 L/orang/hari
Prosentase air limbah = 85% air bersih

Ditanya:

Berapakah kuantitas (debit) air limbah domestik yang dihasilkan?

Jawab:

a) Perhitungan debit pemakaian air bersih
$Q_{air\ bersih}$ = 161 orang x 80 L/orang/hari
= 12880 L/hari
= 0,537 m^3/jam
b) Perhitungan debit air limbah domestik
$Q_{air\ limbah}$ = 85% x 0,537 m^3/jam
= 0,456 m^3/jam
c) Perhitungan debit pucak air limbah domestik
$Q_{al\ peak}$ = 2 x 0,456 m^3/jam
= 0,912 m^3/jam

2) Kualitas Air Limbah Domestik

Kualitas air limbah domestik meliputi tiga parameter yaitu TSS, COD, dan BOD. Ketiga parameter tersebut merupakan parameter pencemar utama dalam air limbah domestik (Putri, dkk, 2019).

Tabel 3.1 Hasil Analisis Laboratorium Kualitas Air Limbah Domestik CPP Gundih

Parameter	Baku Mutu*	Hasil Analisis	Satuan
TSS	30	33	mg/L
COD	100	100	mg/L
BOD	30	9,8	mg/L

Keterangan:
* Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No: P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah

Dari hasil analisis laboratorium diatas, dapat diketahui bahwa parameter TSS melebihi baku mutu yang digunakan. Parameter TSS dengan nilai 33 mg/L melebihi baku mutu yaitu 30 mg/L.

Hanya satu parameter pencemar saja yang melebihi baku mutu, akan tetapi air limbah domestik di CPP Gundih wajib dilakukan pengolahan. Karena saat ini air limbah domestik yang dihasilkan hanya ditampung pada *septic tank*. Sementara itu air limpasan berasal dari tangki septik mengalir menuju saluran air hujan (*drainase*) sebelum dibuang langsung ke badan air penerima. Hal ini tentu tidak sesuai arahan dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No: P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/ 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang menyebutkan bahwa:

1) Dalam Pasal 3 ayat 1 menyebutkan jika setiap kegiatan yang menghasilkan air limbah domestik wajib mengolah air limbah domestik yang dihasilkan.
2) Pada Pasal 4 ayat 2 ponit C harus memisahkan saluran air limbah domestik dengan saluran air hujan.
3) Pasal 4 ayat 2 point D menyebutkan bahwa pengolahan dilakukan agar kualitas atau mutu dari air limbah domestik tidak melebihi baku mutu pada peraturan yang digunakan.

B. Penentuan Alternatif Pengolahan

1) Alternatif Unit Pengolahan

Direncanakan tiga alternatif unit pengolahan dengan pertimbangan:

a) Tujuan pengolahan untuk memperoleh kualitas effluent IPAL agar tidak melebihi baku mutu.
b) Tidak memerlukan unit pengolahan pendahuluan (*preliminary treatment*) untuk menghilangkan bahan pengotor dalam bentuk besar sehingga tidak membebani proses pengolahan pada unit selanjutnya. Unit pengolahan pendahuluan meliputi *bar screen*, *grease trap*, dan bak ekualisasi (bak pengumpul) dengan pertimbangan:
   1) Tidak memerlukan unit *bar screen* karena pada sumber air limbah domestik sudah terdapat *screen* pada unit alat plambing (*wastafel* dan *flordrain*) sebagai sumber air limbah domestik.
   2) Tidak memerlukan unit *grease trap* karena tidak ada aktivitas memasak sebagai salah satu sumber minyak dan lemak. Air limbah yang bersumber dari dapur berasal dari *wastafel* untuk mencuci tangan dan peralatan makan.
   3) Tidak memerlukan bak pengumpul atau bak ekualisasi untuk mengumpulkan air limbah karena sudah ditampung dalam *septic tank*. Menurut Sudarmadji & Hamdi (2013), *septic tank* adalah ruangan kedap air terdiri dari beberapa

ruangan untuk menampung air limbah domestik.

c) Tidak memerlukan unit pengolahan primer (*primary treatment*) untuk menghilangkan zat padat organik atau partikel *solid* dengan proses fisika atau pengendapan. *Total Suspended Solid* (TSS) dalam air limbah domestik CPP Gundih melebihi baku mutu, tetapi proses pengendapan diperkirakan telah terjadi pada tangki septik. Kecepatan aliran yang lambat dalam tangki septik menyebabkan pengendapan oleh (benda-benda padat dan padatan tersuspensi) untuk mendekomposisi senyawa organik dibantu oleh mikroba anaerob. Proses pengendapan terjadi secara alami yaitu sebagai pemisah padatan (dalam bentuk lumpur) dan air (Sudarmadji & Hamdi, 2013).
d) Alternatif pengolahan berupa unit pada pengolahan sekunder atau *secondary treatment*. Tujuan pengolahan sekunder bagi air limbah domestik pada beberapa kasus untuk menghilangkan konstituen dan senyawa organik tertentu (Metcalf & Eddy, 2004). Unit pengolahan sekunder berfungsi untuk mengoksidasi senyawa *biodegradable*, menggabungkan koloid dan padatan tersuspensi, menghilangkan nitrogen dan phosphor, menghilangkan senyawa organik yang masih tersisa pada influen IPAL.
e) Tidak memerlukan unit pengolahan tambahan (*advance treatment*).

Berdasarkan pertimbangan di atas, ketiga alternatif pengolahan sebagai berikut.

a) Alternatif 1 *rotating biological contactor*
b) Alternatif 2 *extended aeration*
c) Alternatif 3 *biofilter anaerob-aerob*

2) Penilaian Alternatif Unit Pengolahan

Proses penilaian alternatif unit pengolahan berdasaran pada beberapa kriteria yang diinginkan oleh perencana. Proses penilaian dengan memperhatikan kriteria sebagai berikut.

a) Residu

Hasil pengolahan atau residu dalam bentuk lumpur tidak menjadi hal paling penting karena karakteristik dalam hal ini kualitas air limbah domestik yang dihasilkan kecil.

b) Biaya

Biaya dalam hal ini merupakan biaya yang dikeluarkan untuk investasi awal dalam pembangunan IPAL domestik di CPP Gundih. Biaya yang dikeluarkan termasuk didalamnya biaya pembangunan unit pengolahan, alat tambahan yaitu aerator, pipa, dan pompa.

c) *Operation and Maintenance*

Operation and Maintenance atau OM dalam hal ini adalah kemudahan dalam pengoperasian, keahlian tenaga ahli dan kebutuhan tenaga kerja dalam OM IPAL di CPP Gundih karena akan mempengaruhi biaya operasionalnya. Biaya operasional termasuk diantaranya biaya listrik, peralatan mekanik, dan bahan bakar (jika diperlukan).

d) Lahan yang dibutuhkan

Aspek penting dalam perencanaan IPAL adalah kebutuhan lahan (luas lahan) yang tersedia atau telah dialokasikan. Menjadi keriteria penting karena kesediaan lahan terbatas.

e) Performa

Kriteria performa unit pengolahan menjadi keriteria terpenting. Performa dalam hal ini adalah efisiensi dalam menghilangkan bahan pencemar, juga kerentanan saat terjadi gangguan yaitu perubahan tekanan hidrolik organik.

Proses penilaian alternatif menggunakan metode perbandingan dengan menilai ketiga jenis unit pengolahan sekunder. Penilaian dalam nilai 1 s/d 3 menurut tingkat kecanggihan atau keunggulan dari yang paling tinggi sampai paling rendah. Nilai tersebut kemudian dikali dengan bobot aspek prioritas (Priyanka, 2012).

Tabel 1 Penilaian Alternatif

Kriteria Penilaian	Bobot (%)	Bobot Penilaian		
		RBC	EA	BAA
Residu	5	2	1	2
Biaya	15	1	3	2
Operation maintenance	15	1	3	2
Lahan yang dibutuhkan	15	3	2	3
Performasi unit	50	2	1	3
Total	100	1,85	1,75	2,65

Keterangan:
RBC = *Rotating Biological Contactor*
EA = *Extended Aeration*
BAA = *Biofilter Anaerob-Aerob*
(Sumber : Studi Literatur)

Dari hitungan diatas, diketahui bahwa biofilter dengan kombinasi anaerob aerob yaitu pada alternatif 3 adalah alternatif unit pengolahan yang paling tepat digunakan dalam perencanaan IPAL domestik di CPP Gundih dengan perolehan nilai tertinggi yaitu 2,65.

C. Perencanaan IPAL Domestik

1) Lokasi IPAL Domestik

Lokasi perencanaan IPAL direncanakan pada sisi utara *plant* sebagai pusat kegiatan domestik. Yaitu berada diantara beberapa gedung sumber air limbah domestik. Lokasi IPAL direncanakan pada lahan kosong diantara *security guard* dan *security office*.

2) Kuantitas Pengolahan

Kuantitas pengolahan dalam perencanaan IPAL domestik di CPP Gundih dihitung menggunakan debit puncak air limbah.

Tabel 2 Kuantitas Pengolahan

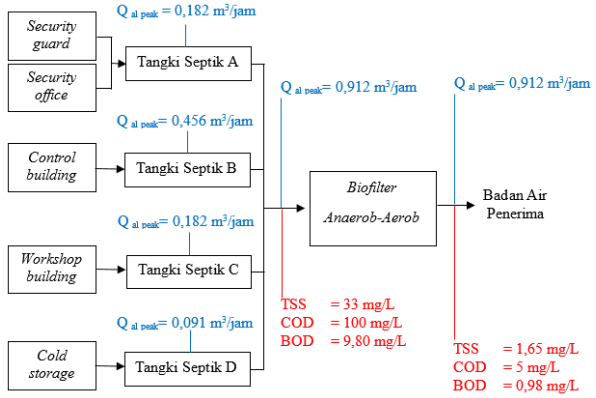
Nama Gedung	Tangki Septik	Q al peak (m³/jam)
Security guard	A	0,182
Security office		
Control building	B	0,456
Workshop building	C	0,182
Cold storage	D	0,091
	Total	0,912

3) Kualitas Pengolahan

Unit pengolahan yang terpilih adalah *biofilter anaerob-aerob.* Menurut Said (2010) efisiensi removal bahan pencemar unit *biofilter anaerob-aerob* terdiri dari SS 94,1 – 95%, COD 79,6 – 95,3%, dan BOD 84,7 – 91 %. Perhitungan kualitas beban pengolahan dan diagram alir proses pengolahan berikut

Tabel 3 Beban Pengolahan

Nilai	TSS	COD	BOD	Satuan
Influen IPAL	33	100	9,8	mg/L
Efisiensi removal	95	95	90	%
Effluen IPAL	1,65	5	0,98	mg/L
Baku mutu effluen	30	100	30	mg/L
Keterangan	Ok	Ok	Ok	



Gambar 1 Proses Pengolahan

D. Perhitungan Desain

1) Perhitungan Diameter Pipa Inlet dan Outlet

Perhitungan diameter pipa inlet dan outlet IPAL adalah berdasarkan pada pembebanan air limbah pada masing-masing pipa. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menghitung diameter pipa air limbah yaitu:

1) Menurut Nanga (2017), kecepatan maksimum 0,8 m/detik dan minimum 0,6 m/detik pada kondisi debit puncak.
2) Dalam *Desain Criteria for Gravity Sanitary Sewer Lines (2017)* menyebutkan bahwa nilai d/D atau tinggi renang adalah 0,5.
3) Diameter minimum air limbah adalah 100 mm dengan aliran secara gravitasi (Menteri Pekerjaan Umum, 2013).

Diketahui debit air limbah pada jam puncak ($Q_{al\ peak}$) adalah 0,912 m³/jam atau 2,354 x 10^{4} m³/detik. Kecepatan aliran air limbah domestik direncanakan 0,6 m/detik. Pipa yang dibutuhkan untuk sistem inlet dan outlet perencanaan IPAL domestik di CPP Gundih adalah sebagai berikut.

a) Luas penampang (A)

$$A = \frac{Q\ al\ peak}{v\ air}$$

$$= \frac{2{,}354\ x\ 10^{-4}\ m^3/detik}{0{,}6\ m/detik}$$

$$= 4{,}22 \text{ x } 10^{-4}\ m^2$$

b) Diameter pipa hitung (dh)

$$dh = \left(4 \text{ x } \frac{A}{3{,}14}\right)^{1/2}$$

$$= \left(4 \text{ x } \frac{4{,}22\ x\ 10^{-4}\ m^2}{3{,}14}\right)^{1/2}$$

$$= 0{,}046 \text{ m} \approx 46 \text{ mm}$$

c) Tinggi renang (d/D)

d/D = 0.5 x dh
= 0,5 x 46 mm
= 23,2 mm

d) Diameter rencana (dr)

dr = dh + d/D
= 46 mm + 23,2 mm
= 69,6 mm

Jenis pipa yang digunakan pada inlet dan outlet IPAL adalah pipa PVC. Penggunaan pipa PVC untuk inlet dan outlet IPAL dengan keuntungan yaitu tidak mudah korosi, berbahan ringan, kuat terhadap asam, mudah dibentuk, mudah disambung, dan aliranya sangat baik (Arsyad, 2016). Dipasaran pipa PVC dengan diameter rencana yaitu 69,6 mm tersebut tidak tersedia. Maka direncanakan diameter diatas 69,6 mm yaitu 89 mm atau 3". Pipa yang digunakan untuk inlet dan outlet IPAL adalah pipa PVC diameter 3".

2) Biofilter kombinasi anaerob aerob

Pemilihan *biofilter* gabungan antara proses *anaerob aerob* bertujuan untuk mencapai performa dalam hal ini efisiensi removal pencemar lebih besar dan baik daripada menggunakan *biofilter anaerob* atau *biofilter aerob* saja. Saat dalam keadaan *anaerob*, phospor anorganik keluar dari dalam sel-sel mikroba disebabkan oleh proses hidrolosa. Energi sebagai hasil dari proses tersebut menyerap kandungan BOD pada air limbah.

Pada saat keadaan *aerob*, phospor yang terlarut akan diserap oleh mikroba kemudian berubah menjadi *polyphospat* menggunakan energi hasil penyerapan BOD. Campuran antara pengolahan menggunakan *biofilter anaeob-aerob* bisa mengurangi BOD, COD, SS, dan phospor sekaligus dan baik.

Air limbah domestik masuk melalui pipa inlet menuju zona *anaerob*. Zona *anaerob* terdiri dari dua ruang yang diisi dengan media filter (sarang tawon) sebagai tempat biakan mikroba. Zona *anaerob* pertama aliran air limbah domestik dari atas ke bawah (*downflow*). Zona *anaerob* kedua (zona peralihan) dengan aliran air dari bawah ke atas (*upflow*). Air limpasan dari zona peralihan mengalir menuju zona *aerob* melalui lubang atau *weir*. Zona *aerob* terdiri dari dua bagian yaitu zona aerasi dan zona media. Zona aerasi air limbah domestik dihembuskan udara dengan *downflow* dan zona media dengan aliran *upflow*.

a. Zona *Anaerob*

1) Kriteria Desain

Menurut Said (2008) pengolahan air dengan unit *biofilter* standar memiliki kriteria yaitu kg BOD/ m^3 hari beban BOD per volume media adalah 0,4 s/d 4,7.

Direncanakan:

a) Kapasitas pengolahan 0,912 m^3/jam atau 21,896 m^3/hari.
b) BOD influen 9,8 mg/L atau 9,8 g/m^3
c) Efisiensi pengolahan zona *anaerob* 80%
d) Direncanakan beban BOD yang digunakan adalah 1 kg BOD/m^3hari.
e) Volume media adalah 60% volume reaktor

2) Perhitungan Desain

a) Beban BOD

Beban BOD = Qal peak x BOD influen
= 21,896 m^3/hari x 9,8 gr/m^3
= 214,581 gr/ hari
= 0,215 kg/hari

b) BOD yang dihilangkan

BOD hilang = Efisiensi x beban BOD
= 80% x 0,215 kg/ hari
= 0,172 kg/ hari

c) Media yang diperlukan (volume)

$$\text{Vol}_{\text{media}} = \frac{Beban\ BOD}{Beban\ BOD\ per\ volume\ media} = \frac{0{,}215\ kg/hari}{1\ kg\ BOD/m^3 hari} = 0{,}215\ m^3$$

Media yang digunakan untuk unit *biofilter anaerob* adalah media dengan bahan plastik. Menurut Wulandari (2014), media berbahan plastik sangat ringan, resiko kebuntuan atau kloging pada media kecil kaena volume rongganya besar, mempunyai luas media yang besar, serta tahan lama. Sehingga, media yang cocok digunakan adalah media sarang tawon dengan aliran *cross flow*. Spesifikasi media tersedia berikut ini.

Tabel 4 Spesifikasi Media Biofilter Sarang Tawon

Spesifikasi	Keterangan
Luas bidang	150 m^2/m^3
Diameter lubang	3 cm x 3 cm
Komponen penyusun	Lembaran PVC
Tebal lembaran	0,15 s/d 0,23 mm
Dimensi per modul	(30 x 30 x 30) cm
Poros pada rongga	0,98
Warna	Tidak berwarna (bening)
Mass gravity	30 s/d 35 kg/ m^3

(Sumber: Wulandari, 2014)

Media sarang tawon dengan spesifikasi tersebut per modul berukuran 30 x 30 x 30 cm sehingga volume modul 0,027 m^3. Total volume media yang dibutuhkan oleh *biofilter anaerob* 0,215 m^3. Perhitungan kebutuhan jumlah modul sebagai berikut.

$$\text{Kebutuhan media} = \frac{Volume\ media}{Volume\ per\ modul} = \frac{0{,}215\ m^3}{0{,}027\ m^3} = 8\ \text{modul}$$

a) Volume reaktor

Volume media adalah 60% dari volume reaktor sehingga:

$$\text{Vol}_{\text{reaktor}} = \frac{Vol\ media}{60\%} = \frac{0{,}215\ m^3}{60\%} = 2{,}796\ m^3$$

Zona anaerob terdiri dari dua ruangan yaitu zona *anaerob* dan zona peralihan. Menurut Tchobanoglous (2004) terdapat tiga proses berdasarkan kebutuhan oksigen dalam pengolahan air limbah. Yang pertama adalah

pengolahan anaerob yaitu pengolahan tanpa membutuhkan oksigen dan pengolahan arobik yaitu menggunakan sejumlah oksigen. Di antara pengolahan anaerobik dan aerobik terdapat proses fakultatif yaitu proses pengolahan yang berjalan dengan atau tanpa oksigen sama sekali. Proses fakultatif ini disebut dengan proses peralihan karena berada di antara anaerob dan aerob.

Kedua zona tersebut dipisahkan dengan *baffle* berbahan beton dengan spesifikasi seperti dinding bak. Dilengkapi dengan tutup bak dan pipa ven. Tutup bak berfungsi untuk memudahkan dalam pengecekan jika terjadi penyumbatan dan masalah lainya. Pipa ven atau saluran gas untuk mengalirkan dan mengeluarkan gas-gas yang dihasilkan dari proses *anaerob* dan mensirkulasi udara dalam proses pembuangan.

b) Waktu tinggal (*detention time*)

$$td = \frac{Vol\ reaktor}{Q_{al\ peak}} = \frac{2{,}796\ m^3}{21{,}896\ m^3/hari} \text{ x 24 jam/ hari} = 3 \text{ jam}$$

c) Sehingga direncanakan biofilter anaerob dengan dimensi:
   1) Direncanakan reaktor dengan panjang (l) 2 m dan lebar (w) 1 m
   2) Kedalaman (h) 1,5 m dengan *freeboard* 0,2 m. Sehingga kedalaman total adalah 1,7 m
   3) Tinggi air dalam media 0,25 m.

b. *Zona Aerob*

1) Kriteria Desain

a) Kapasitas pengolahan 0,912 m^3/jam atau 21,896 m^3/hari.
b) BOD influen 1,96 mg/L atau 1,96 g/m^3
c) Efisiensi pengolahan zona aerob 50%
d) 0,4 s/d 4,7 kg BOD/m^3 hari, BOD per volume media = 1 kg BOD/m^3hari
e) Volume media per volume reaktor 50%

2) Perhitungan Desain

a) Beban BOD

Beban= $Q_{al\ peak}$ x $BOD_{influen}$
= 21,896 m^3/ hari x 1,96 gr/ hari
= 42,916 gr/ hari
= 0,043 kg/ hari

b) Removal BOD

BOD hilang = Efisiensi x beban BOD
= 50% x 0,043 kg/ hari
= 0,021 kg/ hari

c) Media

$$Vol_{media} = \frac{Beban\ BOD}{Beban\ BOD\ per\ volume\ media} = \frac{0{,}043\ kg/hari}{1\ kg\ BOD/m^3 hari}$$
=0, 043 m^3

Media yang digunakan pada zona *aerob* adalah media pada zona *anaerob* yaitu media sarang tawon. Media dibutuhkan pada zona *aerob* adalah 0,043 m^3. Perhitungan kebutuhan media sebagai berikut.

$$\text{Kebutuhan media} = \frac{Volume\ media}{Volume\ media\ dipasaran} = \frac{0{,}0{,}43\ m^3}{0{,}027\ m^3}$$
= 2 buah media

a) Volume reaktor

$$Vol_{reaktor} = \frac{Vol\ media}{50\%} = \frac{0{,}043\ m^3}{50\%}$$
= 0,086 m^3

b) Waktu tinggal yang dibutuhkan

$$td = \frac{Vol\ reaktor}{Q_{al\ peak}} = \frac{0{,}086\ m^3}{21{,}896\ m^3/hari} \text{ x 24 jam/hari}$$
= 0,09 jam ≈ 6 menit

c) Direncanakan dimensi zona *aerob* terdiri dari dua ruangan yaitu zona aerasi dan zona media. Perhitungan dimensi zona aerasi dan zona media berdasarkan volume reaktor *aerob,* maka didapatkan dimensi untu masing-masing zona berukuran:

Panjang = 0,3 m
Lebar = 0,3 m
Freeboard = 0,2 m
Kedalaman = 1,5 m

d) Kebutuhan Oksigen

Kebutuhan oksigen dalam zona aerasi *aerob* adalah sama dengan jumlah oksigen yang dihilangkan (BOD yang dihilangkan). Aerasi dilakukan dengan menghembuskan udara dari *blower* melalui *perforated pipe difusser* (Siregar, 2005). Diketahui bahwa faktor keamanan 1,4 dan BOD yang dihilangkan adalah 0,026 kg/hari, maka:

Kebutuhan oksigen = 1,4 x BOD hilang
= 1,4 x 0,021 kg/hari
= 0,300 kg/hari

Temperatur udara 28°C dengan berat udara 1,1725 kg/m^3. Jumlah oksigen pada udara adalah 20,93% (Chandra, 2006), maka jumlah kebutuhan udara adalah sebagai berikut.

$$Keb = \frac{Kebutuhan\ Oksigen}{Berat\ udara} \text{ x } \%O_2 \text{ dalam udara} = \frac{0{,}300\ kg/hari}{1{,}1725\ kg/m^3} \text{ x } 20{,}93\% \text{ gr } O_2\text{/gr udara}$$
= 0,054 m^3/hari

Direncanakan menggunakan difusser dengan tipe diffuser gelembung kasar. Direncanakan efisiensi difuser adalah8% kebutuhan udara aktual adalah:

Keb udara $= \frac{Kebutuhan\ udara}{Efisiensi\ difuser}$

$= \frac{0{,}054\ m^3/hari}{8\%}$

$= 0{,}670\ m^3/hari$

2) Profil Hidrolis

Dengan titik letak penanaman pipa atau profil hidrolis dapat diketahui kedalaman galian pada saat penanaman pipa dan bangunan pelengkap lainya. Diketahui elevasi muka awal tanah (inlet IPAL) adalah 42 m. Muka akhir tanah sebagai outlet IPAL adalah 42 m. Panjang penampang IPAL adalah 3,2 m. Slope digunakan untuk mengetahui elevasi peletakan pipa outlet IPAL.

S = (muka awal – muka akhir) / panjang

= (42 – 42) m/ 3,2 m = 0

Perhitungan tersebut diketahui jika pipa inlet IPAL berada pada elevasi 42 m dan pipa outlet IPAL pada 42 m. Outlet IPAL akan menuju badan air penerima dengan elevasi 41 m sehingga penyaluranya secara gravitasi dan tidak memerlukan pompa.

3) Rekapitulasi Desain

a) Waktu Detensi

Tabel 5 Rekapitulasi Waktu Detensi

No	Zona Pengolahan	td	Satuan
1	Zona *Anaerob*	3.1	jam
2	Zona *Aerob*	0.1	jam
	Total	3.2	jam

b) Luas Kebutuhan Lahan

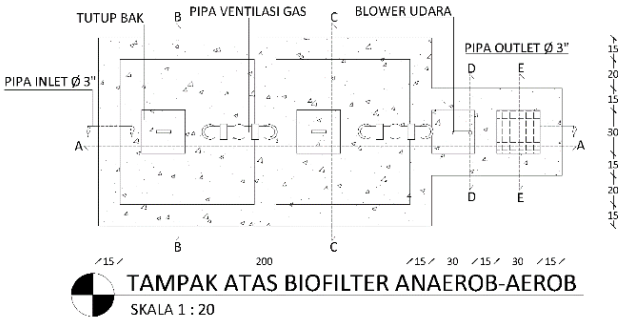
Tabel 6 Rekapitulasi Kebutuhan Lahan

No	Zona Pengolahan	Luas	Satuan
1	Zona *Anaerob*	2.0	m^2
2	Zona *Aerob*	0.1	m^2
	Total	2.1	m^2

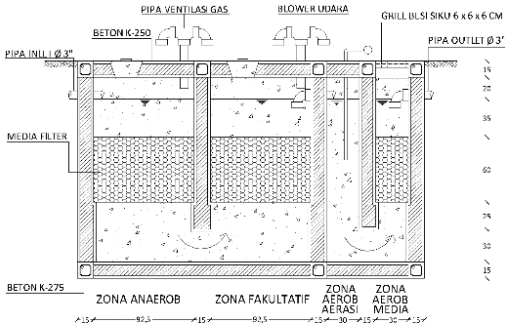
c) Dimensi Unit

Tabel 7 Dimensi Unit

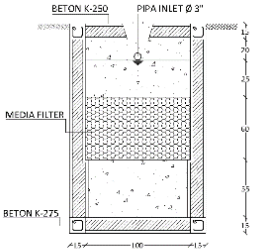
No	Dimensi	Nilai	Satuan
1	Zona *Anaerob*		
	Panjang	2.00	meter
	Lebar	1.00	meter
	Kedalaman	1.50	meter
	Freeboard	0.20	meter
	Kedalaman total	1.70	meter
2	Zona *Aerob*		
	Panjang	0.25	meter
	Lebar	0.25	meter
	Kedalaman	1.50	meter
	Freeboard	0.20	meter
	Kedalaman total	1.70	meter



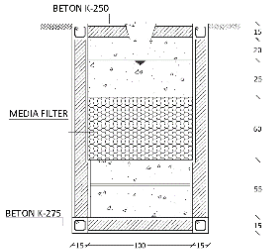
TAMPAK ATAS BIOFILTER ANAEROB-AEROB
SKALA 1 : 20



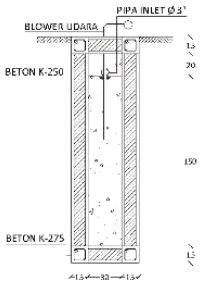
POT A-A BIOFILTER ANAEROB-AEROB
SKALA 1 : 20



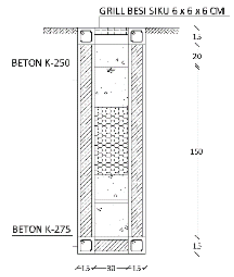
POT B-B (ZONA ANAEROB)
SKALA 1 : 20



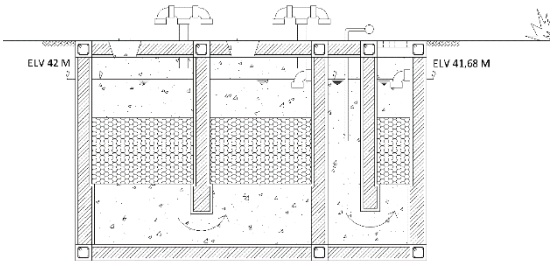
POT C-C (ZONA FAKULTATIF)
SKALA 1 : 20



POT D-D (ZONA AEROB AERASI)
SKALA 1 : 20



POT E-E (ZONA AEROB MEDIA)
SKALA 1 : 20



PROFIL HIDROLIS IPAL
SKALA 1 : 40

4) Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) diperoleh dari perkalian antara volume pekerjaan dengan hasil analisis harga satuan pekerjaan. Daftar harga upah dan bahan berdasarkan Keputusan Bupati Blora Nomor: 900/1924/2020 31 Desember 2019 tentang Penetapan Standar Biaya Upah dan Bahan Material untuk Pekerjaan Konstruksi di Kabupaten Blora Tahun 2020. Analisis harga satuan pekerjaan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor: 28/PRT/M/2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Tabel 8 Rencana Anggaran Biaya

URAIAN PEKERJAAN		JUMLAH
PEKERJAAN PERSIAPAN		
Pembersihan lapangan & perataan	Rp	163.350,00
Pemasangan bouwplank	Rp	2.455.664,00
PEKERJAAN TANAH		
Penggalian tanah	Rp	632.952,00
Pengurugan pasir	Rp	83.123,00
Pemadatan tanah	Rp	553.696,00
PEKERJAAN BETON		
Pekerjaan beton mutu K250	Rp	2.365.334,00
Pekerjaan beton mutu K275	Rp	610.831,00
Pekerjaan pembesian	Rp	2.777.273,00
Pekerjaan bekisting lantai beton	Rp	284.482,00
Pekerjaan bekisting balok beton	Rp	2.887.015,00
PEMASANGAN PIPA		
Pemasangan pipa PVC	Rp	42.492,00
PEMASANGAN MEDIA FILTER	Rp	730.000,00
Total	Rp	13.590.442.00

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan ini adalah:

a. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik di *Central Processing Plant* (CPP) Gundih direncanakan dengan debit maksimum 0,912 m^3/hari menggunakan unit pengolahan *biofilter anaerob-aerob.*
b. Rencana Anggaran Biaya (RAB) total untuk IPAL domestik adalah Rp. 13.590.442,00-.

5. DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, Muh. (2016). *Perencanaan Sistim Perpipaan Air Limbah Kawasan Pemukiman Penduduk*. Jurnal Ilmiah Media Engineering. Vol. 6, No. 1

Bupati Blora Provinsi Jawa Tengah. (2020). *Keputusan Bupati Blora Nomor: 900/1924/200 31 Desember 2019 tentang Penetapan Standar Biaya Upah dan Bahan Material untuk Pekerjaan Konstruksi di Kabupaten Blora Tahun 2020*

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.*

Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor: 28/PRT/M/2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan bidang Pekerjaan Umum.*

Metcalf & Eddy. (2004). *Wastewater and Engineering Treatment and Reuse 4th Edition.* New York: McGraw-Hill.

Nanga, Kristianus Octavianus Magnus Prima Putra. (2017). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare, Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo*. Departemen Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November.

Octavianus, Kristianus M.P.P.N., & Slamet, Agus. (2017). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Skala Kawasan di Kota Sidoarjo*. Jurnal Teknik ITS. Vol. 6, No. 2.

Priyanka, Arina V. (2012). *Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritime Training Center (Studi Perbandingan dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Gedung Pertamina Learning Center)*. Jakarta: Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.

PT. Pertamina EP Asset 4 Cepu Field. (2019). *Laporan Pemantauan Lingkungan Semester II Tahun 2019*. Kabupaten Blora.

Putri, Riestidy Dwicaesa., Hadisoebroto, Rositayani., & Ratnaningsih. (2019). *Penentuan Kriteria Desain untuk Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Telukgong, Jakarta Utara*. Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Wilayah dan Kota Berkelanjutan.

Reynolds, & Richards. (1996). *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd Edidion*. USA: International Thompson Publishing

Rosidi, Mohammad. (2017). *Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Kertas Halus PT. X Sidoarjo*. Fakultas

Teknik Sipil dan Perancangan. Institut Teknoligi Sepuluh November.

Said, Nusa Idaman. (2008). *Pengelolaan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta*.

Said, Nusa Idaman. (2010). *Teknologi Biofilter Anaerob-Aerob Tercelup untuk Pengolahan Air Limbah Domestik.* Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan (BPPT)

Sari, Marlina., Santi, Devi Nuraini., & Chahaya, Indra. (2013). *Analisa Kadar CO dan NO_2 di Udara dan Keluhan Gangguan Saluran Pernapasan pada Pedagang Kaki Lima di Pasar Sangkumpal Bonang Kota Padangsidimpuan Tahun 2013*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Sumatera Utara

Setiawati, Ragil Tri., & Purwanti, Ipung Fitri. (2016). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya*. Jurnal Teknik ITS Vol.5 No. 2.

Sudarmadji, & Hamdi. (2013). *Tangki Septik dan Peresapannya sebagai Sistem Pembuangan Air Kotor di Permukiman Rumah Tinggal Keluarga.* PILAR Jurnal Teknik Sipil. Vol. 9 No. 2. (134-142)

Tchobanogolous. (2004). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4 th Edisio*n. Singapore: Mc.Graw Hill

Wulandari, Puji Retno. (2015). *Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju – Sumatera Selatan)*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan. Vol. 2 No. 3.

Yudo, Satmoko., & Setiyono. (2008). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Limbah Domestik di Rumah Susun Karang Anyar Jakarta*. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol. 9 No. 1.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Ibu Astika Titistiti dan PT. Pertamina EP Asset 4 Cepu *Field* (*Central Processing Plant* Gundih). Atas izin dan bantuanya dalam penyusunan perencanaan desain IPAL dmestik ini.