

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah Domestik

Menurut Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah adalah air sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan dan air limbah domestik adalah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Tchobanoglous *et al* (1991) mengatakan bahwa air limbah merupakan air buangan yang dihasilkan dari pemakaian air untuk berbagai aktivitas manusia. Air limbah merupakan sumber pencemar yang berasal dari berbagai sumber. Air limbah ini terdapat dari tempat tinggal, institusi, perusahaan komersial serta industri. Salah satu jenis air limbah yang murni berasal dari keperluan manusia sehari-hari tanpa aktivitas industri ialah air limbah domestik.

Sumber air limbah berasal dari kegiatan manusia dan kemajuan teknologi, berikut ini merupakan sumber-sumber air limbah:

Tabel 2.1 Sumber Air Limbah

Bell (1977)	Kusnoputranto (1986)
Air Limbah Domestik, Limbah yang berasal dari rumah tangga, perkantoran, pusat perdagangan, rumah sakit dan mengandung berbagai bahan antara lain : kotoran, urine, dan air bekas cucian yang mengandung detergen, bakteri dan virus.	Air Limbah Rumah Tangga (<i>Domestic wasted water</i>), Air limbah yang berasal dari pemukiman pada umumnya mempunyai komposisi yang terdiri atas (tinja dan urin), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, sebagian besar merupakan bahan organik.
Air Limbah Industri, air limbah ini banyak mengandung bahan pelarut, mineral, logam berat, zat pewarna, nitrogen, sulfida, fosfat, dan zat lain yang bersifat toxic.	Air Limbah Kotapraja (<i>Municipal wasted water</i>), Air limbah yang pada umumnya berasal dari daerah perkotaan, perdagangan, sekolah, tempat-tempat ibadah dan tempat-tempat umum lainnya (seperti hotel, restoran dan lain-lain).

Air limbah dari pertanian yang banyak mengandung kotoran hewan, herbisida dan pestisida	Air Limbah Industri, Air limbah yang berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi ini pada umumnya lebih sulit untuk pengolahannya serta mempunyai variasi yang cukup luas.
---	--

Limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia dan biologi (Metcalf & Eddy, 2003). Karakteristik air limbah ini sangatlah bervariasi, sehingga tergantung pada sumber air limbah tersebut. Adapun faktor waktu serta metoda pengambilan sampel juga berpengaruh pada karakteristik air limbah (Said, 2000).

Menurut Fachrizal (2004) selain merusak lingkungan bagian yang paling berbahaya dari limbah domestik yaitu mikroorganisme patogen yang berada dalam tinja manusia, karena dapat menularkan beragam penyakit apabila masuk ke tubuh manusia. Maka untuk mencegah dan mengatasi masalah pencemaran air di badan air, maka dibuat standar baku mutu air limbah. Baku mutu air limbah merupakan ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan. Upaya yang dilakukan pemerintah untuk menahan laju beban pencemaran adalah dengan memberlakukan peraturan terbaru baku mutu air limbah domestik yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Berikut merupakan data baku mutu air limbah:

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum*
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	jumlah /100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Keterangan:

*= Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga permasyarakatan.

2.2. Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal

Jumlah buangan air limbah akan selalu bertambah seiring meningkatnya jumlah penduduk dengan setiap aktivitasnya. Apabila jumlah air limbah yang dibuang melebihi dari kemampuan alam maka berpotensi terjadinya kerusakan lingkungan. Lingkungan yang rusak dapat menyebabkan turunnya tingkat kesehatan manusia yang berada pada lingkungan itu sendiri oleh karena itu, dibutuhkan penanganan air limbah yang tepat dan terstruktur baik dalam penyaluran maupun pengolahan (Wulandari, 2014)

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal merupakan sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara terpusat dengan terdapat bangunan yang menggunakan proses limbah cair domestik yang digunakan secara komunal supaya lebih aman saat dibuang ke badan air serta standar baku mutu yang layak (Karyadi, 2010).

Menurut Purba (2012) teknologi yang digunakan dalam pengolahan IPAL Komunal terbagi menjadi 2 jenis, untuk penjelasan teknologi pengolahan IPAL Komunal yang ada terlihat pada **tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah

Jenis	Penjelasan	Contoh
Proses Biologis dengan Biakan Tersuspensi	Sistem pengolahan dengan menggunakan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dengan dibiakan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor.	<ul style="list-style-type: none"> - Proses lumpur aktif standar atau konvensional (<i>Standard Activated Sludge</i>) - <i>Step Aeration</i> - <i>Contact Stabilization</i> - <i>Extended Aeration</i> - <i>Oxidation Ditch</i>
Proses Biologis dengan Biakan Melekat	Proses pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Proses ini disebut juga dengan proses film mikrobiologis atau proses biofilm.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Trickling Filter</i> - Biofilter Tercelup - Reaktor Kontak - Biologis Putar (<i>Rotating Biological Contactor</i>)

Sumber : Purba, 2012

Pada penelitian ini, sampel air limbah di ambil pada IPAL Komunal Mendiro, Sleman, Yogyakarta. IPAL Komunal ini merupakan bagian dari program Sanitasi Berbasis Masyarakat (SANIMAS) yang merupakan suatu program untuk menaikkan layanan sanitasi dasar pada masyarakat yang bertujuan untuk menciptakan dan meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat, baik secara individual maupun berkelompok. Adapun sarana sanitasi IPAL Komunal Mendiro:

- 1) Bak pengolahan limbah kapasitas 500 jiwa
- 2) Horizontal Gravel Filter
- 3) Kolam uji dan stabilisasi

Pada bak pengolahan limbah meliputi:

- a) Bak equalisasi yang berfungsi untuk menampung air sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Bak equalisasi umumnya berbentuk segiempat

dan melingkar. Pada unit ini, pengendapan secara gravitasi dan tidak ada penambahan bahan kimia (Saraswati, 1996).



Gambar 2.1 Bak Equalisasi IPAL Mendo

(Sumber: Dokumentasi, 2018)

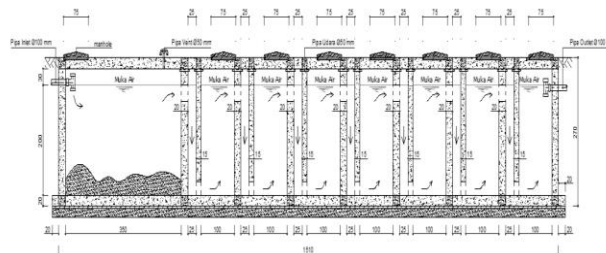
- b) Settler dimana terjadi proses sedimentasi/pengendapan dan dilanjutkan dengan stabilisasi dari bahan yang diendapkan tersebut melalui proses anaerobik.
- c) Anaerobic Baffle Reactor (ABR) sebagai mengalirkan limbah dimana terjadi proses pengendapan selanjutnya dan terjadi proses penguraian karena kontak antara limbah dengan akumulasi mikroorganisme pada lumpur aktif.
- d) Anaerobic Filter untuk memproses bahan-bahan yang tidak terendapkan dan bahan padat terlarut (*dissolved solid*) secara mengkontakan dengan surplus mikroorganisme pada media filter dimana akan menguraikan bahan organik (*dispersed organic*) dan bahan organik yang tersuspensi dalam limbah.



Gambar 2.2 *Horizontal Gravel Filter*

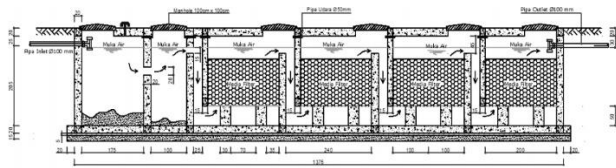
(Sumber: Dokumentasi, 2018)

Adapun gambaran terkait kondisi pengelolaan IPAL tentang kinerja pengelolaan IPAL berbasis masyarakat program USRI Kelurahan Ngjjo, Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang oleh Ulum *et al* (2015). Pemerintah Kota Semarang telah menyediakan berbagai macam program peningkatan kualitas sanitasi lingkungan salah satunya melalui sanitasi berbagai masyarakat program USRI (Urban Sanitation Rural infrastructure) pada tahun 2012 dengan tujuan awal untuk meningkatkan kualitas sanitasi di wilayah tersebut. Teknologi pengolahan air limbah menggunakan kombinasi ABR + AF. Teknologi ABR merupakan teknologi septic tank yang diperbaiki karena adanya deretan dinding penyekat, untuk AF sendiri merupakan tanki septik yang terbuat dari beton dengan dinding pasangan batu-bata yang dimasukkan kompartemen yang dipasang filter.



Gambar 2.3 Potongan Melintang (A-A) *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*

(Sumber: Adi *et al.*, 2016)



Gambar 2.4 Anaerobic Filter (AF)

(Sumber: Adi *et al.*, 2016)

Keuntungan dari teknologi ABR ini karena model desain yang sederhana serta produksi lumpur yang rendah, selain itu efisiensi pengolahan yang tinggi (Abdullah *et al.*, 2005).

Dari hasil yang penelitian ini, didapatkan hasil uji laboratorium untuk air limbah domestik pada titik inlet dan outlet sebagai berikut:

Tabel 2.4. Hasil Uji Laboratorium

Parameter	satuan	Inlet	Outlet	%Removal
BOD	mg/L	357	15	96
TSS	mg/L	136	28	79
pH		7,13	6,7	6
Minyak & Lemak	mg/L	5,26	1,05	80

Dari data tersebut menunjukkan bahwa kualitas air limbah domestik berdasarkan Perda Prov. Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012.

2.3. Biofilter Aerobik

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter secara aerob dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang telah diisi dengan media penyangga spons untuk pengembangbiakan mikroorganismenya dengan atau tanpa aerasi. Biofilter yang baik adalah menggunakan prinsip biofiltrasi yang memiliki struktur menyerupai saringan dan tersusun dari tumpukan media penyangga yang disusun baik secara teratur maupun acak di dalam suatu biofilter. Adapun fungsi dari media penyangga yaitu sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya bakteri yang akan melapisi permukaan media

membentuk lapisan massa yang tipis (biofilm) (Herlambang & Marsidi, 2003). Biofilm merupakan kelompok dari sel-sel mikroba yang melekat secara konstan pada permukaan serta terbungkus dalam matriks *Extracellular Polimeric Substance* (EPS) yang dibuatnya sendiri serta memperlihatkan adanya perubahan fenotip seperti perubahan tingkat pertumbuhan dan perubahan transkripsi gen dan sel planktonik atau sel bebasnya (Donlan & Costerton, 2002).

Pembentukan biofilm berawal dari beberapa bakteri yang hidup bebas atau sel planktonik yang melekat pada permukaan, kemudian memperbanyak diri, dan membentuk satu lapisan tipis (monolayer) biofilm. Selanjutnya, pembelahan akan berhenti selama beberapa jam dan pada masa ini terjadi banyak sekali perubahan pada sel planktonik. Sel planktonik akan mengalami transisi sehingga menjadi sel dengan fenotip biofilm (Donlan, 2002).

Faktor yang mempengaruhi kinerja biofilter aerobik yaitu beban organik (*organic loading*), beban hidrolis (*hydraulic loading*), kebutuhan oksigen (DO) dan logam berat. Efisiensi biofilter tergantung dari luas kontak antara air limbah dengan mikroorganisme yang menempel pada permukaan media filter. Semakin luas bidang kontakannya maka efisiensi penurunan konsentrasi zat organiknya (BOD) makin besar. Selain menghilangkan atau mengurangi konsentrasi BOD dan COD, biofilter juga dapat mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi, deterjen, amonia dan fosfor. Menurut Metcalf & Eddy (2003) efisiensi penyisihan BOD sekitar 60-90%, penyisihan TSS sekitar 50-70% dan waktu tinggalnya sekitar 2-10 jam. Sedangkan menurut Christian (2003) sekitar 65-85%.

Teknologi biofilter pada saat ini banyak dikembangkan karena memiliki keunggulan antara lain pengoperasian yang mudah, lumpur yang dihasilkan dari proses filtrasi sedikit, tahan terhadap fluktuasi debit aliran maupun fluktuasi beban (konsentrasi), tingkat efisiensi penyisihan beban pencemar dalam pengolahan limbah cair tinggi serta dapat menghilangkan padatan tersuspensi dengan baik (Kemenkes, 2011).

2.4. Media Biofilter

Media biofilter merupakan suatu langkah penting dari biofilter, maka pemilihan media harus dilakukan dengan seksama sesuai dengan kondisi proses serta jenis air limbah yang akan diolah (Kemenkes RI, 2011). Adapun kriteria media biofilter ideal yang perlu diperhatikan pada **tabel 2.5**

Tabel 2.5. Kriteria Media Biofilter

No.	Kriteria	Penjelasan
1	Luas permukaan spesifik besar	Luas permukaan spesifik memiliki banyak variasi namun biasanya besar media filter mempunyai nilai antara 30 – 250 sq.ft/cu.ft atau 100 hingga 820 m ² /m ³ . Luas permukaan spesifik ini merupakan ukuran sebagaimana besar luas area yang aktif secara biologis pada satuan volume media (Said, Ruliasih 2005).
2	Fraksi volume rongga tinggi	Media yang memiliki persentase ruang terbuka, untuk fraksi volume rongga ini berkisar antara 15-98% (Kemenkes RI, 2011).
3	Diameter celah bebas besar (<i>large free passage diameter</i>)	Diameter celah bebas yaitu ukuran partikel yang paling besar dapat melewati media (Sholichin, 2012).
4	Tahan terhadap penyumbatan	Penyumbatan terhadap biofilter dapat terjadi melalui perangkat mekanikal dari partikel dengan cara sama dengan filter atau saringan padatan lainnya bekerja (Antania, 2016)
5	Dibuat dari bahan inert	Kayu, kertas atau bahan lain yang dapat terurai secara biologis tidak cocok digunakan untuk bahan media biofilter. Selain itu juga bahan logam seperti besi, aluminium atau tembaga tidak sesuai karena berkarat sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Said, Ruliasih; 2005).
6	Harga per unit luas permukaannya murah	Biasanya media filter memiliki jumlah luas permukaan yang menyediakan tempat untuk bakteri berkembang biak. Maka untuk media filter sedapat mungkin dipilih jenis media yang mempunyai harga per unit satuan permukaan atau per unit satuan volume yang murah (Said, 2008).
7	Kekuatan mekaniknya yang baik	Biofilter yang berukuran besar sangat penting apabila media mampu menyangga satu atau dua orang pekerja. Disamping untuk mendukung keperluan pemeliharaan, media dengan kekuatan mekanik yang baik berarti mempunyai stabilitas bentuk baik, mengurangi keperluan penyangga bejana atau reaktor dan lebih tahan lama (Kemenkes RI, 2011).

8	Ringan	Ukuran berat media dapat berpengaruh pada biaya bagian lain dari sistem. Semakin berat media akan memerlukan penyangga dan wadah atau reaktor yang lebih kuat dan lebih mahal (Said, Ruliasih; 2005).
9	Fleksibilitas	Karena ukuran dan bentuk reaktor biofilter dapat bermacam-macam, maka media yang digunakan harus dapat masuk kedalam reaktor dengan mudah, serta dapat disesuaikan dengan bentuk reaktor
10	Pemeliharaan mudah	Media biofilter yang baik pemeliharaannya harus mudah atau tidak perlu pemeliharaan sama sekali (Herlambang, 2005).
11	Kebutuhan energi kecil	Proses biofilter mengkonsumsi energi secara tidak langsung, namun secara keseluruhan diperlukan pompa untuk mengalirkan air. Energi diperlukan juga untuk mensuplai oksigen kepada bakteri (Kemenkes RI, 2011).
12	Reduksi cahaya	Bakteri nitrifikasi sensitif terhadap cahaya. Maka untuk biofilter yang akan digunakan untuk menghilangkan senyawa nitrogen (nitrifikasi) menggunakan media yang berwarna gelap dan bentuk yang dapat menghalangi cahaya (Said, Ruliasih; 2005).
13	Sifat kebasahan (<i>wetability</i>)	Untuk membuat bakteri atau mikroorganisme dapat menempel dan berkembang biak maka permukaan media harus bersifat <i>hidrophilic</i> (sukar air) (Said, Ruliasih; 2005).

Dalam proses biofilter, lapisan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media mudah terlepas, sehingga menyebabkan proses menjadi tidak stabil.

2.5. Reaktor *Downflow Hanging Sponge*

Machdar *et al* (1997) mengusulkan sebuah proses perawatan pasca aerobik baru yang diberi nama reaktor *Downflow Hanging Songe-Cubes*. Prinsip kerja DHS hampir sama dengan sistem *trickling filter*. Media filter menggunakan rangkaian spons dari bahan poliuretan yang disusun secara seri untuk menahan mikroba. Sistem ini bekerja dengan prinsip *down-flow* yaitu air limbah dialirkan

dari bagian atas reaktor terus diolah oleh mikroorganisme yang tumbuh di permukaan media spons pada saat air limbah tersebut mengalir melewati reaktor. Spons yang berada di dalam reaktor DHS menggantung secara bebas di udara, oksigen dapat terlarut secara alami. Maka sistem ini tidak memerlukan aerasi tambahan (Machdar *et al.*, 2000. Tadunkar *et al.*, 2005. Uemura *et al.*, 2002).

Negara berkembang memerlukan teknologi yang bagus dalam rangka meningkatkan efektivitas sistem pengolahan di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) supaya kualitas air limbah menjadi lebih baik. Pada umumnya digunakan sistem dengan biaya yang rendah dan mudah dalam pengoperasiannya, salah satu teknologi untuk memenuhi kriteria ini adalah menggunakan reaktor *Downflow Hanging Sponge* (DHS) (Tandukar *et al.*, 2005). DHS ini memiliki keuntungan yang tidak membutuhkan aerasi lebih, adapun keuntungan tertentu dari DHS ini yaitu modal, operasional dan perawatan. DHS ini direkomendasikan secara teknis dan ekonomis sebagai sistem pengolahan air limbah (Machdar *et al.*, 2000).

2.6. Media Spons Poliuretan (*Polyurethane Sponge*)

Media penyangga yang digunakan pada biofilter secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik. Untuk media yang berbahan organik misalnya bentuk tali, jaring, butiran tak teratur (*random packing*), papan (palte), sarang tawon dan lain-lain (Kementrian RI, 2011).

Dalam penelitian ini menggunakan media penyangga spons sebagai penghalang, spons ini biasa digunakan untuk media filter serta tempat pertumbuhan mikroorganisme. Selain harganya yang murah, spons ini juga memiliki banyak kegunaan karena strukturnya berpori, memiliki permukaan yang lembut dan dapat menyerap cairan serta menyimpannya (Tadunkar *et al.*, 2005). Pada proses ini, tekanan aliran air limbah yang diberikan akan bergerak melewati ke seluruh bagian pori-pori spons (Michaels, 1989). Tekanan menggerakkan hanya sebagian dari air limbah melalui media spons, sisa aliran air mengalir secara kontinyu membawa partikel yang terdapat pada permukaan media.

Media penyangga spons yang akan digunakan adalah *polyurethane sponge* dapat dilihat pada **gambar 2.5**.



Gambar 2.5 *Polyurethane Sponge*

(Sumber: Dokumentasi, 2018)

Nicholson (1997) menyatakan bahwa poliuretan adalah bentuk polimer termoset dari reaksi antara senyawa diisocianat dengan senyawa polifungsi yang mengandung sejumlah gugus hidroksi. Spons poliuretan yang berbentuk kubus 3x3 cm dapat mendistribusi air limbah yang masuk melewati lubang pori yang cukup homogen dan tersebar secara merata, dengan strukturnya yang berpori dan memiliki porositas yang tinggi hal ini dapat membantu dalam perkembangbiakan mikroorganisme dan bahan organik serta membantu menurunkan parameter COD dan TSS di air limbah.

2.7. Parameter Uji

Pada penelitian ini parameter kualitas air yang digunakan adalah kadar COD dan TSS untuk uji karakteristik awal kandungan air limbah serta air hasil pengolahan. Parameter-parameter ini dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik (Permen LH No. 68 Tahun 2016). Berikut ini adalah penjelasan parameter uji yang akan dilakukan:

1) *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Boyd (1990) mengartikan COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk menguraikan seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Sumber COD berasal dari kegiatan industri kertas, penyamakan kulit, gula, pemotongan daging pengalengan ikan, pembekuan udang, roti, susu, keju dan mentega, limbah domestik dan lain-lain. Adanya COD di lingkungan dapat memberikan dampak bagi manusia dan lingkungan, diantaranya yaitu banyaknya biota air yang mati karena sedikitnya konsentrasi oksigen terlarut dalam air dan semakin susah untuk mendapatkan air sungai yang memenuhi kriteria sebagai bahan baku air minum (BBTKL-PPM, 2010).

COD atau *Chemical Oxygen Demand* atau yang disebut juga kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk bahan buangan yang berada di dalam air sehingga dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Lumaela *et al.*, 2013).

2) *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) merupakan metode untuk mengetahui jumlah dan bagian material tersuspensi pada suatu area perairan. Kisaran *Total Suspended Solid (TSS)* menunjukkan keadaan sedimentasi pada suatu perairan (Siswanto, 2009).

Total Suspended Solid (TSS) yaitu semua zat padat yang tersuspensi dalam air, TSS ini merupakan tempat terjadinya reaksi-reaksi kimia yang heterogen dan memiliki fungsi sebagai bahan pembentuk endapan paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di daerah perairan. (Tarigan, Edward; 2003). TSS menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang masuk ke dalam air. Maka, air dapat berkurang dan organisme yang butuh cahaya akan mati (Soemirat, 2004).

2.8. Biofilter sebagai Unit *Post Treatment*

Beberapa biofilter sebagai unit *post treatment* yang menunjukkan pada kesamaan penelitian dan dijadikan sebuah acuan dapat dilihat pada **tabel 2.6**.

Tabel 2.6 Biofilter sebagai Unit Post Treatment

No.	Sumber	Judul	Metode	Hasil
1.	Faisal <i>et al.</i> , 2017	Unjuk Kerja <i>Down-flow Hanging Sponge</i> (DHS) Bioreaktor sebagai <i>Secondary Treatment</i> Untuk Pengolahan Limbah Domestik	Investigasi kelakuan (<i>behavior</i>) pada bioreaktor DHS dilakukan melalui <i>tracer experiment</i> , dimana menginjeksi cairan yang mengandung bahan inert seperti NaCl ke dalam reaktor DHS. Serta dilakukannya analisis parameter COD, BOD, SS, VSS, DO, pH, total nitrogen, amonia, nitrit dan nitrat dengan pengambilan sampel pada bagian inlet dan outlet	<i>Downflow Hanging Sponge</i> (DHS) ini diusulkan sebagai pemecahan persoalan penanganan limbah domestik untuk negara yang berkembang. bioreaktor DHS ini dijalankan dengan menggunakan HRT 4 jam dan hasil menunjukkan DHS Bioreaktor mampu mengurangi hingga 34% <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD), 80% BOD, dan 65% Amonia.

2.	Purba, 2012	Performa Reaktor <i>Downflow Hanging Sponge</i> (DHS) Dalam Mengolah Air Limbah Domestik Di Jakarta	Metode eksperimen, dimana prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengungkapkan hubungan sebab akibat dua variabel atau lebih, dengan mengendalikan pengaruh variabel lain.	Untuk membantu mengurangi beban pencemaran lingkungan maka digunakan reaktor DHS yang merupakan salah satu sistem pengolahan biologis <i>attached growth reactor</i> yang dapat dipakai dalam mengolah air limbah domestik. Dari hasil penelitian dilakukan reaktor ini menggunakan HRT 4 jam yang diperoleh melalui efisiensi penyisihan COD tertinggi, dengan penggunaan HRT 4 jam maka efluen yang dihasilkan adalah sebagai berikut, kadar BOD 38,08 mg/L, COD 109,16 mg/L, zat padat tersuspensi 4 mg/L dan amonia 45,15 mg/L dengan efisiensi penyisihan BOD 73,1%, COD 65%, zat padat tersuspensi 90,7% dan amonia 75,69%. penggunaan HRT yang lebih lama diharapkan dapat memperbesar efisiensi penyisihan sehingga nilai baku mutu dapat tercapai
3.	Mahmoud <i>et al.</i> , 2010	<i>Use of Down-flow Hanging Sponge (DHS) Reactor As A Promising Post-Treatment System for Municipal Wastewater</i>	<i>Hybrid Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (HUASB) reaktor diikuti oleh Down-flow Hanging Sponge (DHS). Selain itu juga ada Primary Sedimentation Tank (PST) diikuti oleh reaktor DHS</i>	Respon kinerja reaktor DHS untuk penghapusan bahan organik karbon dan nitrifikasi pada OLR yang lebih tinggi, reaktor DHS secara terus menerus diumpukan dengan efluen reaktor HUASB berbagai OLR bervariasi. Untuk penghilangan zat organik berkarbon tercapai, pemindahan nilai COD total, CODsoluble dan COD partikulat adalah 61 kurang lebih 12, 43 kurang lebih 14, dan 76 kurang lebih 15% dengan nilai sisa 74 kurang lebih 21, 54 kurang lebih 25 dan 20 kurang lebih 9 mg/L masing-masing. Dari hasil yang didapatkan oleh kedua sistem ini sebanding dengan hal penghapusan senyawa karbon dan nitrogen. Secara umum, data yang tersedia membuktikan bahwa reaktor DHS dapat mengatasi muatan organik yang lebih tinggi.

4.	Machdar, 2011	<i>Modification of DHS Bioreactor Module with Oil Palm Fiber Material for Treating Domestic Wastewater</i>	Kinerja reaktor PF-DHS diperiksa dengan menganalisis sampel influen dan efluennya. Semua analitik dilakukan sesuai dengan metode standar AWWA	Kelayakan reaktor PF-DHS dievaluasi dengan mengondisikan operasi 6 bulan secara terus menerus menggunakan limbah aktual sebagai umpan. Sistem ini telah diverifikasi untuk memiliki kinerja penghapusan organik yang sangat baik mencapai 67% dari penghapusan COD tanpa filter, dan penghapusan SS hampir sempurna pada HRT 2 jam. hasilnya direkomendasikan bahwa reaktor PF-DHS yang diharapkan akan menjadi sistem yang diharapkan untuk mengubah DHS berbasis sponge untuk sistem pengolahan air limbah domestik di negara berkembang.
----	---------------	--	---	---