

EFISIENSI PENYISIHAN PARAMETER POLUTAN UTAMA PADA EFLUEN TANGKI SEPTIK MENGGUNAKAN BIOFILTER DENGAN MEDIA GAMBUT KELAPA

REMOVAL EFFICIENCY OF KEY POLLUTANT PARAMETERS FROM SEPTIC TANK EFFLUENT USING COCO PEAT BIOFILTER

^{*1}Imania Eka Diyanti dan ²Rofiq Iqbal

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,
Jalan Ganesha 10 Bandung 40132

e-mail : ¹imaniaekadiyanti@yahoo.com dan ²iqbalrofiq@gmail.com

Abstrak: Pencemaran air kian menjadi masalah serius di negara-negara berkembang, seiring dengan laju urbanisasi dan kurangnya fasilitas sanitasi. Salah satu teknologi sederhana dan ekonomis yang banyak diterapkan untuk mengolah air limbah domestik secara desentralisasi dalam skala komunitas adalah tangki septik, tetapi sistem ini cenderung membutuhkan pengolahan sekunder seperti biofiltrasi. Pada penelitian ini akan digunakan tangki septik gedung CC Barat ITB sebagai sumber influen biofilter, media utama gambut kelapa yang merupakan produk sampingan industri pengolahan kelapa, serta sistem intermitten dosing dengan waktu pengaliran 2 menit setiap 1 jam. Gambut kelapa dipilih karena keberadaannya melimpah di Indonesia dan harganya pun murah. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kinerja proses dan efisiensi penyisihan materi organik, amonia, serta kontaminan biologis (*Escherichia coli*) oleh biofilter fixed bed ukuran (1x1x1,2) m³ dalam mengolah efluen tangki septik selama periode uji 3 bulan. Akan dianalisis pula hasil olahannya untuk dijadikan bahan pertimbangan kelayakan biofilter tersebut sebagai reklamasi air sederhana. Diperoleh hasil penyisihan parameter COD sebesar 75,81–87,73%; BOD 81,14–89,89%; TOC sebesar 66,04–86,45%; TSS 73,33–92,93%; NH₃ sebesar 78,32–80,77%; dan total coliform sebesar 95,77–99,74%.

Kata kunci: biofilter, intermitten, gambut kelapa, limbah domestik, tangki septik

Abstract: Water pollution has become more severe and critical with rapid urbanization and lack of adequate sanitation. One simple and economical technology that widely applied as decentralized wastewater treatment system in community scale is septic tank, but this system tends to require secondary treatment such as biofiltration. In this research, ITB West CC building's septic tank will be used as the source of biofilter influent, coco peat—by-product generated from coconut processing industries—will be used as the major media, and intermitten dosing system will be applied as the controlling variable. Coco peat was chosen because of its abundance in Indonesia and its cheapness. This study aims to investigate the biofilter's performance in treating septic tank effluent, as well as the removal efficiency of organic matter, ammonia, and biological contaminants (*Escherichia coli*) by a fixed bed reactor sizes (1x1x1,2) m³ during the test period of 3 months. The biofilter's effluent will also be analyzed for its feasibility to be considered as reclaimed water. Results obtained for the removal of COD by 75.81–87.73%; BOD by 81.14–89.89%; TOC by 66.04–86.45%; TSS 73.33–92.93%; NH₃ by 78.32–80.77%; and total coliform by 95.77–99.74%.

Keywords: biofilter, intermitten, coco peat, domestic wastewater, septic tank

PENDAHULUAN

Pencemaran air, khususnya air permukaan, kian parah dan dirasa kritis seiring laju arus urbanisasi serta kurangnya fasilitas sanitasi yang memadai (Kambole dalam Gurung dan Oh, 2012). Di banyak negara berkembang, air buangan baik dari industri maupun permukiman dilepas langsung ke badan air. Hal ini dapat menimbulkan efek lanjutan berupa terganggunya suplai air bersih akibat menurunnya kualitas badan air tersebut (Dallas *et al.* 2004; Kivaisi, 2001). Pemikiran pentingnya konservasi air serta makin ketatnya baku mutu air limbah yang berlaku mengarahkan kebutuhan baru untuk reklamasi air limbah (Rietveld *et al.*, 2009).

Secara alami, badan air memiliki daya dukung (*carrying capacity*) untuk menjamin berlangsungnya mekanisme *self purification*, tetapi jika polutan yang terakumulasi terlalu banyak, maka daya dukung tersebut dapat terlampaui dan menyebabkan air menjadi tercemar. Demikian halnya dengan air tanah, khususnya air tanah dangkal. Terakumulasinya polutan-polutan ke dalam air tanah, baik secara langsung maupun tidak langsung akan menurunkan kualitas air tanah baik secara fisik, kimia maupun biologi. Pencemaran air tanah salah satunya dapat diakibatkan oleh penggunaan tangki septik yang banyak diterapkan sebagai pengolah air limbah domestik di negara berkembang seperti Indonesia.

Tangki septik merupakan bangunan pengolah air limbah domestik yang banyak dipilih karena desain, konstruksi, dan perawatannya yang mudah serta lebih ekonomis (Canter & Knox, 1986). Tangki septik hendaknya dilengkapi dengan fasilitas peresap efluen untuk menyempurnakan kualitas efluen tangki septik sebelum menyentuh air tanah.

Menurut Mara (1976), efluen tangki septik dipandang dari sudut kesehatan masyarakat, sama bahayanya dengan air limbah segar sehingga membutuhkan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang. Pengolahan lanjut dari efluen tangki septik dapat dilakukan dengan diresapkan pada bidang peresapan apabila tersedia lahan terbuka yang sesuai untuk peresapan tanpa mengkontaminasi air tanah atau air sumur. Namun, hal ini tentu sulit diaplikasikan pada daerah-daerah yang memiliki problem tanah seperti rendahnya tingkat permeabilitas (tanah sulit meresap air) atau tingginya permukaan air tanah. Untuk itu, perlu dipikirkan alternatif lain pengolahan lanjutan efluen tangki septik yang dapat ditempuh dengan mudah tetapi tetap menaati baku mutu yang disyaratkan (Saraswati, 1996).

Aplikasi biofilter ditengarai dapat menjadi alternatif pengolahan efluen tangki septik yang hemat lahan dan relatif murah. Pengembangan generasi baru sistem pengolahan yang ekonomis dan berkelanjutan dapat dilakukan dengan penggunaan sumber daya lokal yang mudah diperoleh, maka gambut kelapa pun dipilih sebagai media filter dalam penelitian kali ini. Gambut kelapa merupakan produk sampingan industri pengolahan kelapa, dihasilkan pada proses pemisahan serabut dari batok kelapa. Tingginya porositas, luas permukaan, dan kemampuan menahan air membuatnya menjadi salah satu alternatif media pengolahan yang cukup banyak diminati (Talbot, 2006).

Pemanfaatannya sebagai media biofilter diharapkan mampu menjawab tantangan sistem pengolahan limbah domestik Indonesia saat ini (yang cenderung mengarah pada aplikasi *on-site* dan mengutamakan pertimbangan variabel biaya) serta membantu mengatasi masalah-masalah seperti *water-borne diseases*, bau, ataupun pencemaran air tanah. Efluen olahannya pun diharapkan dapat digunakan ulang (direklamasi) sebagai air bersih kelas IV untuk keperluan pertamanan sehingga menambah nilai aspek produksi bersih, utamanya 3R (*reduce, reuse, recycle*) dalam pengelolaan limbah. Oleh karena itu, selain uji performa biofilter dalam menurunkan beban pencemar limbah domestik sebelum dibuang ke saluran atau badan air, analisis kelayakan efluen filter sebagai air bersih reklamasi kelas IV juga akan dilakukan dalam studi ini.

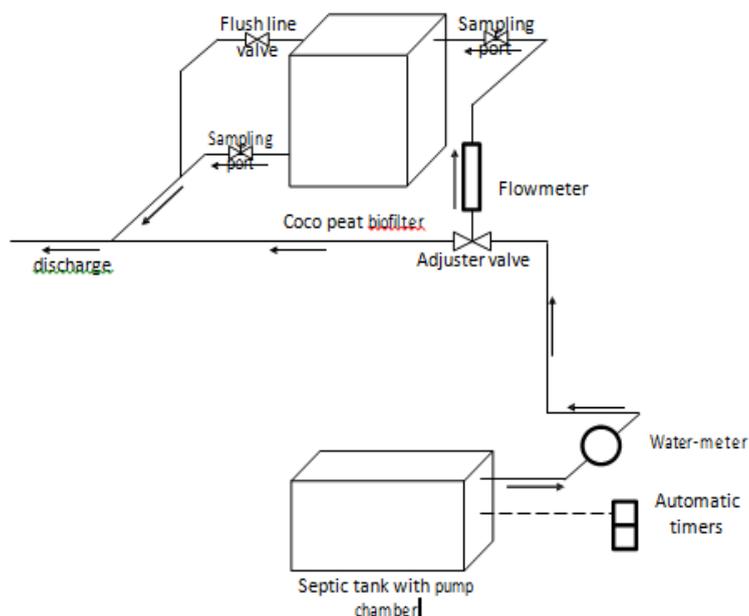
METODOLOGI

Penelitian ini difokuskan pada kinerja biofilter dengan media gambut kelapa dalam menyisihkan parameter-parameter pencemar utama air limbah domestik yang bersumber dari efluen tangki septik CC Barat, terdiri dari senyawa organik (berupa parameter TOC, BOD dan COD), amonia, serta bakteri *Escherichia coli*. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



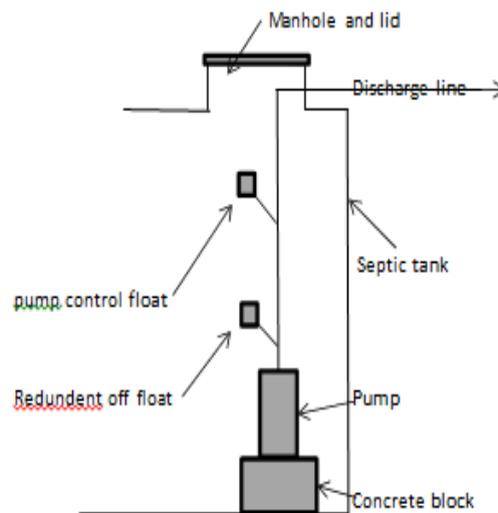
Gambar 1 Diagram alir metodologi penelitian

Penelitian ini dilakukan di dalam area kampus ITB, meliputi analisis kualitas air di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan ITB dan pengoperasian reaktor biofilter yang berlokasi di halaman rumput barat laut gedung CC Barat ITB. Biofilter gambut kelapa yang digunakan merupakan reaktor skala laboratorium dengan sistem kontinyu. Efluen tangki septik yang menjadi objek olahan dalam penelitian ini dialirkan langsung dari bangunan tangki septik CC Barat menuju lokasi biofilter menggunakan pipa PVC berdiameter 2 inci dengan bantuan tenaga pompa (*submerged pump*). Pengaliran diatur menggunakan *timer* otomatis yang terhubung ke pompa dengan menyetel waktu penyiraman selama 2 menit dan selang penyiraman setiap jarak 60 menit. Mekanisme *intermittent dosing* tersebut digunakan untuk mencapai terjaminnya keadaan aerob dalam reaktor biofilter dan memadainya selang waktu pengolahan limbah antara pemompaan yang satu dengan lainnya. Terdapat pula meteran air yang dipasang di jalur pipa menuju filter untuk keperluan pemantauan volume air yang dialirkan dari tangki septik setiap harinya. Hasil pemantauan volume air ini akan dibandingkan dengan tinggi media yang juga diukur secara berkala untuk mengetahui penurunannya.



Gambar 2 Skema instalasi biofilter

Skema instalasi dan perpipaan sistem dapat dilihat pada **Gambar 2**. Tampak adanya mekanisme *flush line* untuk mencegah terjadinya penyumbatan pipa mengingat bahwa air limbah yang dialirkan mengandung banyak padatan dan konstituen biologis. Hal ini juga ditujukan untuk menjaga *orifice* pada pipa *inlet* tetap bersih dan lancar mengalirkan efluen tangki septik. Adapun detail kerja pompa menuju biofilter ditunjukkan oleh **Gambar 3** (lembar berikutnya). Pada instalasi pompa tersebut, digunakan dua buah sistem apung dan *timer*. Sistem apung bagian atas akan mengontrol menyala tidaknya pompa sesuai waktu yang ditunjukkan *timer*, sedangkan sistem apung kedua yang berada di bawah akan mencegah pompa mengalirkan limbah ketika level air sudah sangat rendah, agar tidak ada padatan atau endapan tangki septik yang tersedot.



Gambar 3 Bagan instalasi pompa

Biofilter yang digunakan dalam studi ini hanya terdiri dari satu buah reaktor yang terbuat dari bahan akrilik setebal 5 mm. Media pengolah utama yakni gambut kelapa setebal 0,8 m. Dimensi tangki filter adalah 100 cm x 100 cm x 120 cm. Pada bagian bawah (sekitar 6cm dari dasar reaktor) terdapat pipa *underdrain* PVC berdiameter 10 cm, dilubangi 1 cm bagian bawahnya setiap jarak 10 cm. Pipa *outlet* ini dilindungi oleh lapisan kerikil berukuran ± 5 mm setinggi 10 cm.

Sementara pipa distribusi influen berdiameter 2 inci diletakkan di bagian paling atas, diliputi seluruhnya oleh serabut kelapa. Alas serabut di bagian bawah pipa *inlet* untuk meratakan distribusi influen dan menjamin proses aerob. Sementara serabut penutup di bagian atas bertujuan untuk mencegah penyebaran bau saat influen disemprotkan melalui lubang-lubang pipa sebesar 2 cm dengan jarak masing-masing 10 cm. Lubang ini dilengkapi pelindung untuk mencegah penyemprotan yang terlalu tinggi, sehingga efluen dapat langsung dipantulkan ke permukaan media. Pemasangan pelindung ini juga memiliki fungsi untuk membantu proses pemerataan distribusi dan aerasi air limbah di permukaan filter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

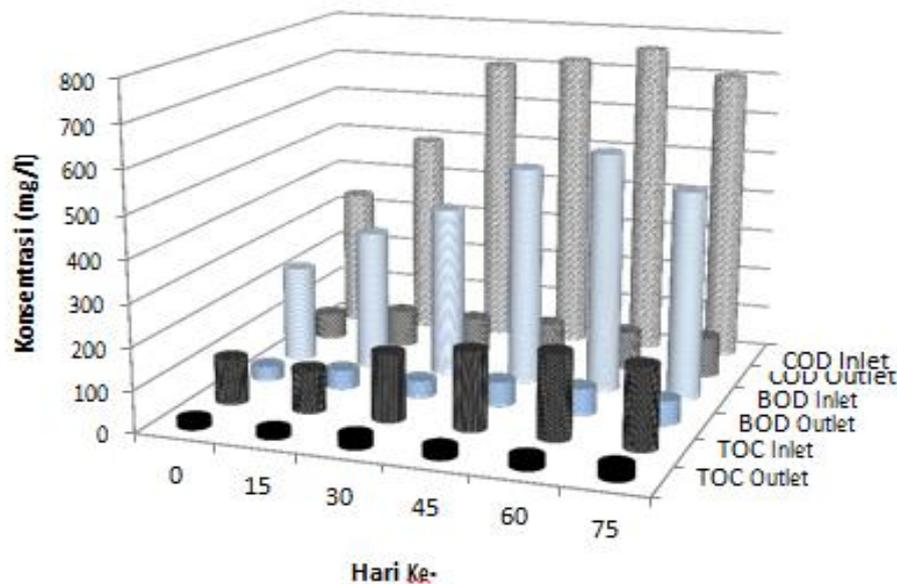
Penyisihan Parameter Pencemar

Hal-hal yang perlu dibahas dalam upaya mengetahui kinerja biofilter adalah kualitas air meliputi sampel influen dan efluen filter. Parameter-parameter yang ditinjau sebagai berikut.

- Kandungan TOC (*Total Organic Carbon*), BOD (*Biodegradable Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*).

TOC menyatakan jumlah karbon yang terikat dalam senyawa organik sehingga ia banyak digunakan sebagai ukuran tak langsung dari kandungan zat organik. Pada **Gambar 4**, dapat dilihat bahwa biofilter cukup signifikan menyisihkan kandungan TOC influen selama 3 bulan periode uji hingga relatif stabil di bawah 50 mg/l. Menurut Ricki (2005), limbah

dengan kadar TOC berada pada rentang 100 – 200 mg/l seperti pada efluen tangki septik CC Barat termasuk kategori lemah – medium.



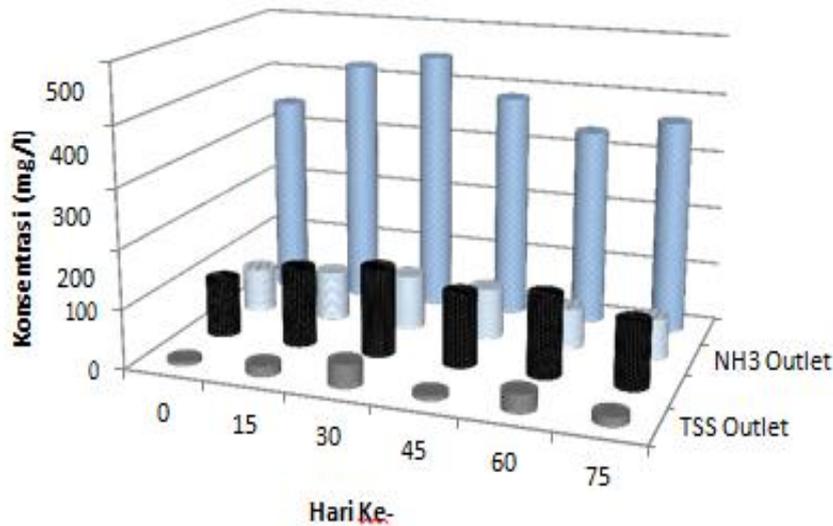
Gambar 4 Konsentrasi TOC, BOD, serta COD pada sampel inlet dan outlet biofilter

Untuk kandungan BOD, penyisihannya selama tengah Mei hingga tengah Juli mengalami kenaikan, baru kemudian sedikit menurun pada akhir Juli. Namun, kualitas efluen yang dihasilkan relatif stabil dan selalu memenuhi baku mutu air limbah domestik Keputusan Menteri LH No. 112/2003, yakni sebesar 100 mg/l. Sementara jika dibandingkan dengan standar air kelas IV yang tertera pada PP 82/2001 senilai 12 mg/l, kandungan BOD dalam efluen filter masih jauh terpaut sehingga tidak memenuhi syarat untuk dapat dikatakan sebagai air bersih kelas IV.

Perolehan reduksi kadar COD tidak jauh berbeda dengan BOD. Secara umum, level COD lebih besar dibanding BOD karena senyawa organik *non-biodegradable* akan ikut terhitung di dalamnya, tidak hanya yang *biodegradable* saja. Uji COD akan mengukur seluruh potensi konsumsi oksigen terlarut dalam suatu sampel air oleh senyawa organik toksik, anorganik, berikut senyawa *biodegradable* (Sawyer *et al.*, 1994; Donaldson, 1977). Berdasarkan parameter COD, kualitas efluen filter memenuhi baku mutu air bersih kelas IV sebesar 100 mg/L.

- TSS (*Total Suspended Solids*) dan Amonia (NH_3)

Biofilter gambut kelapa mampu menyisihkan TSS pada influen biofilter hingga kadarnya pada efluen selalu berada jauh di bawah standar air kelas IV sebesar 400 mg/l, sehingga dari segi padatan tersuspensi, efluen biofilter layak dinyatakan sebagai air bersih kelas IV berdasarkan PP 82/2001. Baku mutu TSS untuk air limbah domestik sebesar 100 mg/l pun selalu mampu dipenuhi. Sementara untuk parameter amonia, kadarnya pada influen filter berada pada rentang 346–364 mg/l. Menurut Canter dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 01/2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, limbah tersebut termasuk dalam kategori konsentrasi amonia tinggi karena melebihi angka 50 mg/l. Namun, amonia ini dapat disisihkan dengan baik oleh biofilter gambut kelapa hingga efluennya dapat terjaga di bawah level 100 mg/l. Konsentrasi kedua parameter ini selama tiga bulan periode uji dapat dilihat lebih lanjut pada **Gambar 5** berikut.

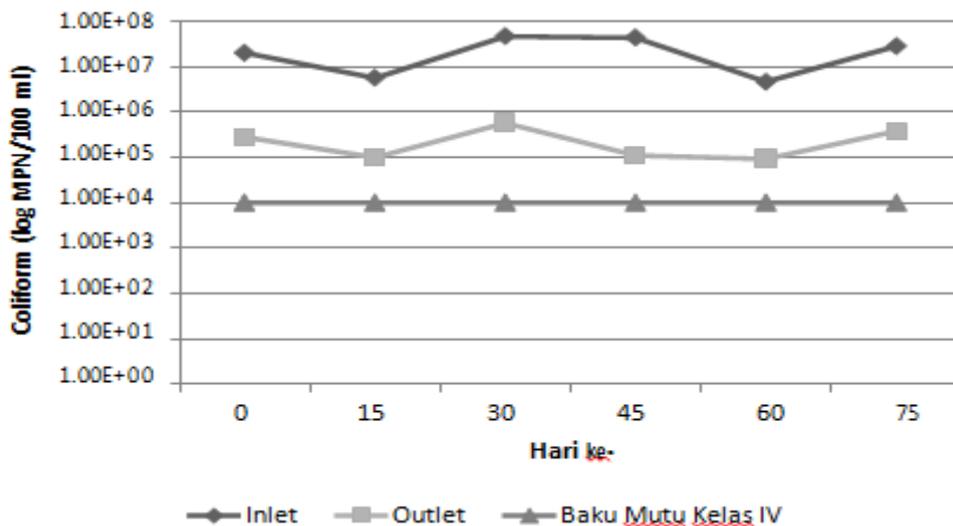


Gambar 5 Konsentrasi TSS dan amonia pada sampel inlet serta outlet biofilter

- Coliform

Bakteri *coliform* merupakan golongan mikroorganisme intestinal (hidup dalam saluran pencernaan manusia), antara lain *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, dan *Citrobacter freundii*. Kandungan coliform lazim digunakan sebagai indikator keberadaan bakteri patogen lain, misalnya *Shigella* yang dapat menyebabkan diare hingga muntaber. Semakin tinggi tingkat kontaminasinya, semakin tinggi pula risiko kehadiran bakteri-bakteri patogen lain yang biasa hidup dalam kotoran manusia dan hewan.

Pada **Gambar 6** yang menggunakan skala logaritmik, dapat dilihat bahwa kadar *coliform* influen filter sangat fluktuatif dengan rentang nilai 3,9 juta hingga 46 juta bakteri dalam 100 ml sampel. Limbah ini termasuk ke dalam konsentrasi *coliform* rendah – sedang (Canter dalam PerMenLH 01/2010). Biofilter gambut kelapa mampu mereduksinya dengan sangat baik (tercatat bahwa efisiensinya selalu berada di atas 97%), meski efluen filter masih belum memenuhi syarat air kelas IV sebesar 10000 bakteri per 100 ml sampel sehingga ia belum dapat digunakan langsung untuk keperluan pertamanan ataupun kebutuhan lainnya dengan spesifikasi kualitas setara. Masih dibutuhkan upaya tambahan untuk menyisihkan *coliform* hingga di bawah baku mutu guna memenuhi fungsi sebagai air bersih kelas IV, perlu ditambahkan unit desinfeksi setelah biofiltrasi di dalam konfigurasi pengolahan air limbah yang digunakan.

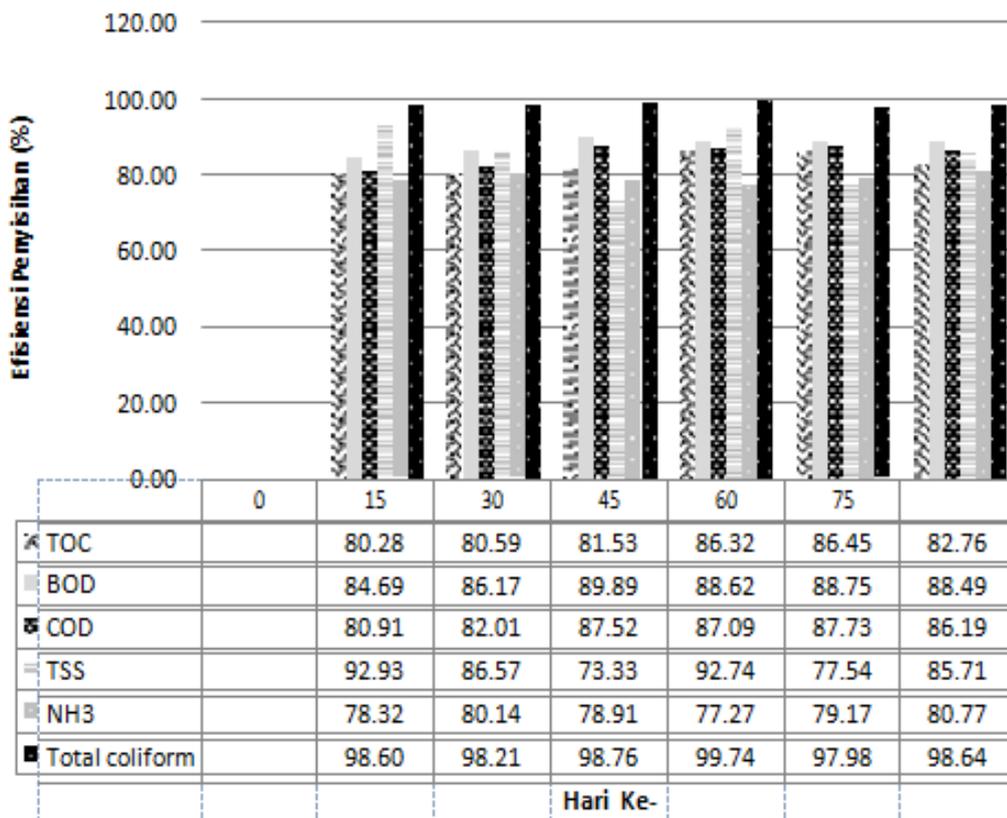


Gambar 6 Konsentrasi coliform pada inlet dan outlet biofilter

Gambar 7 (lembar selanjutnya) menunjukkan perolehan hasil perhitungan efisiensi penyisihan dan grafik fluktuasi penyisihan untuk setiap parameter pencemar di atas. Parameter yang paling maksimal disisihkan adalah kandungan *coliform* dengan rata-rata efisiensi sebesar 99,74%, sedangkan yang paling rendah tercatat ada pada parameter amonia senilai 78,32%.

Proses aerob yang berlangsung di dalam biofilter gambut kelapa dapat memberikan performa cukup baik dengan pengaturan waktu penyiraman 2 menit dan selang penyiraman 60 menit. Interval antar-penyiraman tersebut memberikan jeda yang cukup lama bagi udara untuk masuk ke dalam media sehingga mikroorganisme yang berperan di dalamnya memperoleh suplai yang memadai untuk pengolahan berikutnya. Jamur dan bakteri yang tumbuh secara natural pada gambut, didukung kandungan fenol media serta keasaman lingkungan aerob, mampu menyisihkan hampir seluruh konten total dan *faecal coliform* (Brooks *et al.* dalam Patterson, 1999). Besarnya luas permukaan dan area pori dalam gambut pun memudahkan pergerakan udara sehingga oksigen dapat mengalami kontak dengan air limbah yang mengalir melalui media dan diserap oleh mikroba aerob (NJDEP, 2008).

Mekanisme *intermittent dosing* yang digunakan dalam penelitian biofilter ini mengadopsi pengaturan dosis pada *intermittent sand filter* (ISF) yang telah lebih banyak diterapkan. sebelumnya. Biodegradasi atau dekomposisi konstituen air buangan dalam ISF terjadi melalui adanya kontak antara air buangan dengan komunitas mikroorganisme aerob yang terbangun baik dan melekat pada permukaan media. Proses ini memerlukan aliran influen yang menurun, tak jenuh, dan terdistribusi merata serta terkontrol melewati media filter. Untuk mencapai dosis yang akurat, sistem ini perlu dilengkapi dengan *timer* yang terhubung dengan ruang pompa, komponen elektrik lain, serta jaringan distribusi influen. Dosis minimum bervariasi antara 4–18 kali per hari dengan penyebaran influen seragam atau merata selama periode 24 jam, bergantung pada media pasir yang digunakan (DOH, 2012).

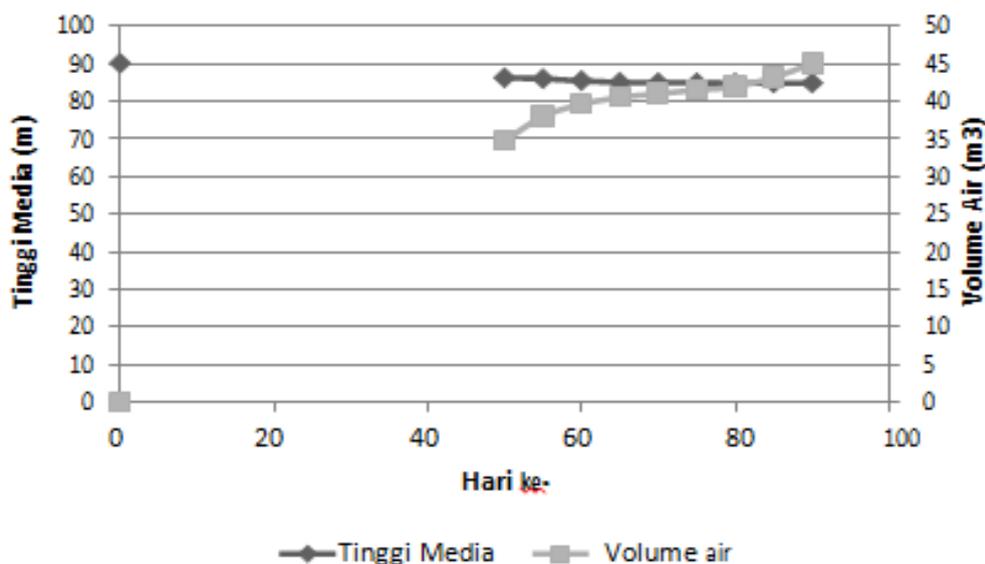


Gambar 7 Efisiensi penyisihan parameter pencemar utama efluen tangki septik CC Barat

Analisis Penurunan Media

Penurunan media dipantau dari waktu ke waktu, dibandingkan dengan volume air air limbah terolah oleh biofilter gambut kelapa (diasumsikan berdasarkan bukaan katup menuju biofilter, yakni sebesar 25% volume efluen tangki septik yang tercatat pada meteran *outlet* tangki septik—75% sisanya dialirkan ke pipa pembuangan). Pada **Gambar 8**, dapat dilihat tinggi media awal adalah 90 cm pada saat belum ada aliran efluen tangki septik yang diolah. Pada hari ke-50, terukur media gambut kelapa setinggi 86,2 cm saat meteran air menunjukkan angka 34,7125 m³. Pada hari ke-90, media turun lagi sebesar 1,45 cm menjadi 84,75 cm ketika volume air yang telah dialirkan tercatat sebesar 45 m³.

Di bagian akhir (hari ke-60 hingga hari ke-90), tampak bahwa kenaikan volume air tidak sebanyak sebelumnya, ditengarai akibat mulai memasuki masa liburan kampus sehingga intensitas penggunaan toilet pun menurun seiring dengan berkurangnya kegiatan mahasiswa yang berlangsung di gedung CC Barat. Implikasinya, penurunan media pun hanya sebesar 0,65 cm, jauh lebih kecil dibanding masa sebelum hari ke-60 yakni sebesar 4,6 cm selisihnya dari tinggi media awal 90 cm. Untuk masalah penyumbatan atau *clogging* media, belum tampak keberadaannya pada biofilter gambut kelapa ini, hanya terlihat adanya lapisan lumut di bagian bawah, sekitar area kerikil. Namun, hal ini tidak dirasakan mengganggu proses pengolahan karena performa filter tidak mengalami perubahan signifikan. Diperkirakan penyumbatan media baru terjadi setelah masa operasi memasuki hitungan tahun. Patterson (1999) menyebutkan bahwa dalam penelitiannya, lapisan *clogging* media gambut terbentuk setelah lima tahun operasi. Perawatan berkala yang ia butuhkan pun hanya penyiraman *glyphosate* untuk mengontrol tumbuhnya gulma pada media, membuktikan bahwa aplikasi biofilter gambut merupakan teknologi yang tidak memerlukan perhatian khusus dalam perawatannya.



Gambar 8 Hubungan penurunan tinggi media dan volume air teralirkan dari tangki septik

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis data, diperoleh efisiensi penyisihan parameter pencemar berupa COD sebesar 75,81–87,73%; BOD 81,14–89,89%; TOC sebesar 66,04–86,45%; TSS 73,33–92,93%; NH₃ sebesar 78,32–80,77%; dan *total coliform* sebesar 95,77–99,74%.

Berdasarkan perbandingan terhadap baku mutu air pada PP 82/2001, efluen olahan biofilter gambut kelapa ini tidak layak dinyatakan sebagai air bersih kelas IV dari sisi parameter BOD dan kandungan total coliform.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada RTI (Research Triangle Institute) International yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Canter, L. W. & Knox R. C. (1986). *Septic Tank System Effects on Ground Water Quality*. Michigan: Lewis Publisher.
- Dallas S., Scheffe B., Ho G. (2004). Reedbeds for Greywater Treatment-case Study in Santa Elena-Monteverde, Costa Rica, Central America. *Ecol. Eng.*, 23(1): 55-61.
- Division of Environmental Health. (2012). *Intermittent Sand Filter Systems: Recommended Standards and Guidance for Performance, Application, Design, and Operation & Maintenance*. Washington State Department of Health.
- Donaldson, W. T. (1997). Trace Organics in Water. *Environ. Sci. Tech.* 11: 348.
- Gurung, A. & Oh, S. (2012). An Overview of Water Pollution and Constructed Wetlands for Sustainable Wastewater Treatment in Kathmandu Valley: A Review. *Scientific Research and Essays Vol.* 7(11), pp. 1185-1194.
- Kivaisi, A. K. (2001). The Potential for Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Reuse in Developing Countries: A Review. *Ecol. Eng.*, 16(4): 545-560.
- Mara, D. (1976). *Sewage Treatment in Hot Climate*. Scotland: A Wiley-Interscience Publication.
- New Jersey Department of Environmental Protection. (2008). *Peat Biofilter Wastewater Treatment System Guidance Document*. Division of Water Quality. Bureau of Nonpoint Pollution Control.
- Patterson, R. A. (1999). *Proceedings of On-site '99 Conference: Making on-site wastewater systems work*. 13-15 July 1999. Held at University of New England, Armidale. Lanfax Laboratories, Armidale. pp273-281.
- Ricki, M. (2005). *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rietveld L. C., Meijer L., Smeets P. W. M. H., van der Hoek J. P. (2009). Assessment of *Cryptosporidium* in Wastewater Reuse for Drinking Water Purposes: A Case Study for The City of Amsterdam, The Netherlands. *Water S. A.*, 35(2): 211-215.
- Saraswati, S. P. (1996). *Alternatif Sistem Peresapan Tangki Septik untuk Pengolahan Air Limbah Restoran*. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Sawyer, C. N. Mc Carty, P. L. & Parkin, G. F. (1994). *Chemistry for Environmental Engineering* 4th Ed. New York: McGraw-Hill.
- Talbot, P. (2006). *Coconut mesocarp-based biofilter materialand its use in wastewater treatment*. Premier Tech.