

# Efektivitas IPAL portabel sebagai alternatif pengelolaan limbah cair domestik

I. B. Priyambada<sup>1</sup>, Purwono<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

<sup>2</sup>Ilmu Lingkungan, Institut Agama Islam Negeri, Surakarta, Indonesia

## Abstrak.

Di Indonesia, selain sebagai saluran air alamiah, sungai sering pula digunakan sebagai tempat pembuangan air limbah kegiatan rumah tangga (domestik). Penggunaan teknologi yang efisien dan alami merupakan solusi sederhana dan murah untuk mengolah air limbah domestik dengan sistem desentralisasi. Tujuan penelitian ini adalah mengolah air limbah domestik menggunakan IPAL portabel dengan dimensi kecil, sehingga aplikatif untuk skala rumah tangga. Penelitian dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro selama 3 bulan. Metode penelitian menggunakan IPAL portabel untuk mengolah air limbah domestik skala rumah tangga dengan sistem kontinu. Limbah domestik berasal dari kantin kampus Universitas Diponegoro. IPAL portabel menggunakan sistem kombinasi anaerob-aerob yang dilengkapi dengan bak penampung limbah awal, bak penangkap lemak dan bak efluen. Waktu tinggal hidrolis atau *Hydraulic Retention Time* (HRT) dilakukan pada 3 variasi yaitu 4 jam, 8 jam dan 12 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi amoniak mengalami penurunan terbesar pada HRT 12 jam dengan efisiensi penyisihan sebesar 60%. Konsentrasi awal sebesar 40,99 mg/l turun menjadi 16,4 mg/l. Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan minyak & lemak juga mengalami penurunan terbesar pada HRT 12 jam, masing-masing turun sebesar 71% dan 91% dari konsentrasi awal. IPAL portabel ini paling efektif dalam menyisihkan minyak & lemak.

Kata kunci: amoniak, COD, IPAL portabel, limbah domestik, minyak & lemak

## Abstract.

*The reality in Indonesia shows that rivers beside as natural channels of water, often the river is used as a household or domestic waste water disposal. The use of efficient and natural technologies is a simple and inexpensive solution for treating domestic wastewater with a decentralized system. The purpose of this research was to treat domestic wastewater using portable and small dimension of WWTP, so that it is applicable for household scale. The research was conducted in Environmental Laboratory, Department of Environmental Engineering, Diponegoro University for 3 months. This research method used portable WWTP for treating domestic wastewater adopting continue system. Domestic waste came from the canteen of Diponegoro University. Portable WWTP used an anaerobic-aerobic combination system equipped with an initial waste basin, a grease catcher tube, and an effluent bath. Hydraulic retention time (HRT) was performed on 3 variations i.e. 4 hours, 8 hours, and 12 hours. The results showed that ammonia concentrations experienced the greatest decrease in HRT 12 hours with efficiency of 60%. Initial concentrations of 40.99 mg/l dropped to 16.4 mg/l. Chemical Oxygen Demand (COD) and oil and grease concentrations also experienced the largest decrease in HRT 12 hours by 71% and 91% of initial concentration. This portable WWTP was the most effective at removing oil and grease.*

**Keywords:** ammonia, COD, portable WWTP, domestic waste water, oil and grease

## 1. PENDAHULUAN

Pengumpulan dan pembuangan air limbah domestik di Indonesia masih menjadi permasalahan lingkungan yang cukup besar. Air limbah adalah campuran air dengan sejumlah besar bahan kimia (termasuk organik dan anorganik) dan logam berat yang berasal dari kegiatan domestik, industri dan komersial (Dixit *et al.* 2011). Sebagian besar air limbah kegiatan rumah tangga (domestik) dibuang secara langsung ke badan air seperti sungai dan danau.

---

\* Korespondensi Penulis  
Email : [purwono.ga@gmail.com](mailto:purwono.ga@gmail.com)

Manajemen limbah domestik yang tidak baik menyebabkan pencemaran terhadap badan air (Chen *et al.* 2006).

Penggunaan teknologi yang efisien dan alami merupakan solusi sederhana dan murah untuk mengolah air limbah domestik dengan sistem desentralisasi (Latrach 2016). Sistem desentralisasi memiliki ciri khas mengolah dan menggunakan kembali air limbah di lokasi yang sama (misalnya kebun, rumah dan kantor). Pengelolaan limbah domestik secara desentralisasi menekankan penyelesaian masalah limbah domestik tidak pada pengolahan komunal semata, akan tetapi tersebar di sumbernya masing-masing yaitu di tingkat rumah tangga. Sistem desentralisasi telah terbukti menjadi pilihan yang jauh lebih baik karena menghindari sistem pemipaan dan pengumpulan limbah ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal. Teknologi yang ekonomis, terjangkau, ramah lingkungan dan dapat diterima secara sosial, maka teknologi harus murah, hemat energi, pemeliharaan mudah, efektif dan stabil (Aiyuk *et al.* 2004). Teknologi pengolahan air limbah terdesentralisasi telah berhasil digunakan untuk mengolah air limbah domestik di Jepang dan Thailand (Wakatsuki *et al.* 1993; Masunaga *et al.* 2007).

Pada umumnya, pengelolaan air limbah menggunakan sistem desentralisasi terdiri dari *septic tank* untuk *pre-treatment* dan efluen dialirkan ke badan air. Selanjutnya penyisihan parameter nitrogen dan fosfor menggunakan sistem *wetland* dan filter pasir. Namun, seiring pertumbuhan penduduk, biaya dan ketersediaan lahan menjadi faktor pembatas sistem *wetland* dan filter pasir (Aiyuk *et al.* 2004). IPAL portabel merupakan alternatif teknologi yang menjanjikan untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Menurut Everhard (2001), industri di Australia telah memproduksi alat pengolah limbah dengan kapasitas 3000 liter/tangki. Kapasitas termasuk cukup besar apabila diterapkan dalam skala rumah tangga. IPAL portabel ini dilengkapi reaktor pengolahan primer, sekunder dan tersier yang tersusun dalam 2 tangki polimer. Pengolahan limbah cair menggunakan media lekat anaerob (biofilter) merupakan teknologi pengolahan yang murah, mudah operasinya serta hemat energi. Media lekat dapat berupa PVC, batu, pasir, *biochart* dan ijuk. Biofilter dapat digunakan untuk air limbah dengan beban COD yang cukup besar dan dapat menghilangkan padatan tersuspensi dengan baik. Air limbah domestik termasuk dalam kategori *grey water*.

Menurut Ajit (2016), karakteristik dari *grey water* sangat bervariasi, tergantung pada kebiasaan makanan dan tingkat kehidupan masing-masing individu. Air limbah yang berasal dari dapur kaya akan kandungan *Total Suspended Solid* (TSS), senyawa nitrogen (nitrat, nitrit, amonia dan nitrogen organik), minyak, lemak dan *Biological Oxygen Demand* (BOD). Air bekas kegiatan mandi dan mencuci akan menghasilkan lebih banyak *Chemical Oxygen*

*Demand* (COD) dan fosfor. Kandungan tersebut mendukung adanya pencemaran. Selain itu juga terdapat polutan kimia seperti detergen dan pembersih lainnya (Lambe 2010; Suharto 2011).

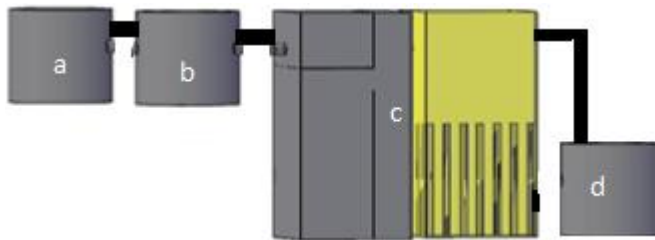
Penelitian ini bertujuan untuk mengolah air limbah domestik menggunakan IPAL portabel dengan dimensi yang kecil sehingga aplikatif untuk skala rumah tangga. Dalam upaya mengatasi kelemahan timbulnya lapisan padat (*scum*) yang mengapung dan berbau, maka ditambahkan reaktor pemisah lemak dan minyak secara terpisah sebelum reaktor anaerob. Media lekat yang digunakan berupa ijuk yang tersedia dalam jumlah banyak, murah dan awet.

## 2. METODOLOGI

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rangkaian IPAL Portabel. Air limbah mengalir secara gravitasi seperti ditampilkan pada **Gambar 1** dengan pemasangan keran pada selang untuk mengatur debit seperti yang masuk ke dalam reaktor IPAL portabel. Dimensi reaktor sebesar 30×30×60 cm dengan volume efektif sebesar 45 L. Reaktor terbuat dari bahan *acrylic*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro selama 3 bulan.

### 2.1. Tahap aklimatisasi

Proses ini dilakukan dengan melakukan *seeding* dengan starter limbah domestik selama 4 hari, kemudian melakukan aklimatisasi dengan mengisi IPAL portabel menggunakan air limbah selama kurang lebih 14 hari.



**Gambar 1.** Rangkaian alat IPAL portabel yang terdiri dari (a) bak penampung limbah awal (p= 19 cm, l=18 cm dan t=23 cm); (b) bak penangkap lemak (p = 19 cm, l=18 cm, t=23 cm); (c) reaktor IPAL portabel (p= 30 cm, l= 30 cm, t = 60 cm); (d) bak penampung effluen (p= 19 cm, l=18 cm dan t=23 cm).

### 2.2. Tahap *running*

**Gambar 1** menunjukkan rangkaian alat IPAL portabel. Ketika IPAL portabel siap digunakan, limbah siap diolah dengan mengalirkan air limbah ke dalam bak pengolahan pertama dan kedua diikuti variasi nilai HRT selama 4 jam, 8 jam dan 12 jam. Namun, sebelum dialirkan ke dalam reaktor dilakukan

pengambilan sampel terlebih dahulu pada titik *inlet* IPAL portabel untuk uji laboratorium sebagai data konsentrasi awal limbah sebelum adanya perlakuan.

### 2.3. Uji konsentrasi efluen IPAL portabel

Melakukan uji laboratorium terhadap efluen IPAL portabel untuk parameter amoniak (metode Nessler), COD (metode spektrofotometri) SNI 06-6989.2-2004 dan minyak & lemak (metode gravimetri). Pengujian dilakukan secara duplo untuk setiap sampel. Kemudian menganalisis hasil uji air limbah sebelum dan sesudah penggunaan IPAL portabel.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Air limbah domestik yang digunakan dalam penelitian termasuk *grey water*. Limbah berasal dari dapur kantin Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro yang dihasilkan dari kegiatan mencuci peralatan makan dan masak. Jenis makanan yang disajikan setiap harinya relatif sama, jumlah pengunjung setiap harinya berbeda. Hal tersebut menyebabkan perbedaan karakteristik air limbah berbeda setiap harinya. Air limbah mengalir melalui saluran drainase yang terpelihara dengan baik. Konstruksi drainase sebagian berupa beton dan sebagian tanah. Ketika air limbah mengalir sekitar  $\pm 100$  m, volume air limbah berkurang bahkan habis meresap ke dalam tanah. Karakteristik awal air limbah domestik tersebut ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Karakteristik awal air limbah yang berasal dari dapur kantin Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.

No.	Parameter	Satuan	Nilai	Baku mutu (PerMenLHK Nomor 68 Tahun 2016)	Keterangan*
1	Suhu	°C	27	-	-
2	pH	-	6,9	6-9	M
3	BOD	mg/l	312	30	TM
4	COD	mg/l	3184,93	100	TM
5	TSS	mg/l	597	30	TM
6	TDS	mg/l	2488	-	-
7	Kekeruhan	NTU	>1100	-	-
8	Minyak dan lemak	mg/l	1982	5	TM
9	Nitrat	mg/l	78,3	-	-
10	Amonia	mg/l	24,75	10	TM
11	Total fosfat	mg/l	4,74	-	-

\*Keterangan: TM menandakan kadar parameter terukur tidak memenuhi baku mutu, sedangkan M menandakan memenuhi baku mutu.

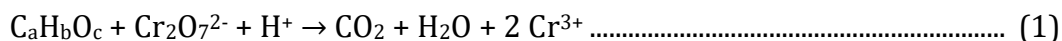
Berdasarkan **Tabel 1**, konsentrasi COD, amoniak, serta minyak & lemak masing-masing sebesar 3184,93 mg/l, 24,75 mg/l dan 1982 mg/l dengan nilai rasio BOD/COD sebesar 0,09. Ketiga parameter tersebut melebihi baku mutu

yang ditetapkan dalam PerMenLHK Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik masing-masing sebesar 100 mg/l (COD), 100 mg/l (amonia) dan 5 mg/l (minyak & lemak). Oleh karena itu, air limbah perlu diolah terlebih dahulu sebelum dilakukan pembuangan supaya tidak mencemari lingkungan. Parameter pH telah memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan sehingga tidak perlu dilakukan pemantauan. Parameter yang melebihi baku mutu yaitu BOD dan TSS akan dilakukan penelitian pada tahap berikutnya sesuai dengan *roadmap* penelitian tahun 2018. Pada tahun yang sama juga akan dilakukan penelitian tentang nitrat dan total fosfat.

Air limbah tersebut digunakan untuk menganalisis penyisihan kadar COD, amoniak, serta minyak & lemak menggunakan IPAL portabel. Tahap awal penelitian melakukan *seeding* dan aklimatisasi. *Seeding* merupakan proses pembenihan atau pemasukan mikroorganisme ke dalam reaktor hingga terlekat, tumbuh dan berkembang. Aklimatisasi adalah proses pengadaptasian mikroorganisme yang telah terbentuk dalam proses *seeding* (Indriyati 2003). Proses *seeding* dan aklimatisasi ditandai oleh efisiensi penyisihan COD yang relatif konstan (deviasi 10%). Proses ini tercapai pada hari ke-9.

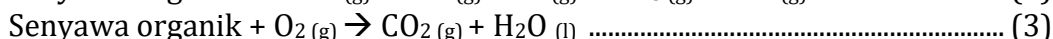
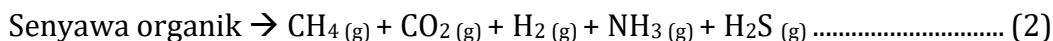
### 3.1. Penyisihan *chemical oxygen demand* (COD)

Pengukuran konsentrasi COD bertujuan untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik dan anorganik menggunakan oksidator kuat berupa kalium dikromat (APHA 1998). Suhu tinggi (150°C) dan suasana asam (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat) diperlukan agar kalium dikromat secara efektif mengoksidasi bahan-bahan organik dan anorganik. Reaksi yang terjadi ditunjukkan pada persamaan (1).



Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu tinggal atau HRT selama 4 jam hanya mampu menyisihkan konsentrasi COD sebesar 24% dari konsentrasi awal sebesar 3544,52 mg/l. HRT 4 jam kemungkinan terlalu kecil sehingga laju pertumbuhan bakteri tidak cukup untuk menyisihkan polutan (Schnurer and Jarvis 2009). Efisiensi penyisihan meningkat menjadi 34% pada HRT 8 jam. Efisiensi penyisihan tertinggi dicapai pada HRT 12 jam sebesar 71% dengan nilai konsentrasi COD *outlet* sebesar 1078,77 mg/l. Semakin besar HRT memungkinkan proses hidrolisis senyawa organik dan pembentukan lumpur anaerob menjadi lebih stabil (Pillay *et al.* 2006), akibatnya penyisihan COD semakin besar. Fenomena penurunan konsentrasi COD dalam IPAL portabel diakibatkan adanya proses anaerob pada bak 1, kemudian dilanjutkan proses aerob pada bak 2. Menurut Ajit (2016), apabila konsentrasi COD tinggi, maka proses anaerob dilakukan terlebih dahulu agar beban pengolahan pada proses aerob menjadi lebih ringan.

Pada proses anaerob terjadi proses asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis, dengan produk akhir gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ . Senyawa organik pada proses anaerob mengalami reaksi sesuai persamaan (2), sedangkan pada bak 2 terjadi proses aerob sesuai persamaan (3) (Said dan Arie 2002).



Secara keseluruhan, IPAL portabel ini belum mampu menyisihkan kandungan COD sampai 100 mg/l sesuai baku mutu PerMenLHK Nomor 68 Tahun 2016.

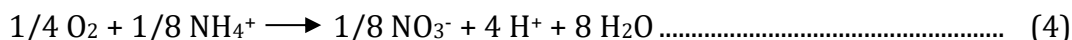
### 3.2. Penyisihan Amoniak ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )

Baku mutu amoniak menurut PerMenLHK Nomor 68 Tahun 2016 sebesar 10 mg/l. Hasil penelitian penyisihan amoniak menggunakan IPAL portabel ditampilkan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Efisiensi penyisihan kandungan amoniak terhadap variasi HRT.

HRT (jam)	Kandungan amonia (mg/l)					Efisiensi (%)
	<i>Inlet</i>	Setelah bak penangkap lemak	Antara bak anaerob dan aerob	<i>Outlet</i>	<i>(inlet- outlet)</i>	
4	25	24,24	23,84	22,48	2,52	10
8	40,11	39,15	32,78	23,05	17,06	43
12	40,999	40,71	30,04	16,4	24,599	60

Berdasarkan **Tabel 2**, efisiensi penyisihan amoniak meningkat seiring dengan HRT yang semakin lama. Pada HRT 4 jam, IPAL portabel mampu menyisihkan amoniak 10% dari konsentrasi awal 25 mg/l. Efisiensi penyisihan amoniak sebesar 43% dan 60% masing-masing dihasilkan pada HRT 8 dan 12 jam. Menurut Herald dan Diana (2001), penurunan konsentrasi amoniak akibat proses nitrifikasi secara aerob. Nitrogen dalam keadaan oksidasi N (III) dikonversi menjadi N (V) seperti persamaan reaksi (4).



Media lekat berupa ijuk berperan sebagai media lekat biofilm. Lapisan terluar biofilm merupakan lapisan aerob, yang mana akan terjadi proses oksidasi senyawa amoniak menjadi senyawa transisi nitrit. Selanjutnya diikuti proses oksidasi nitrit menjadi senyawa nitrat atau disebut proses nitrifikasi. Setelah itu akan terjadi pengolahan anaerob pada lapisan biofilm. Pada lapisan ini, senyawa nitrat yang terbentuk dari proses oksidasi amoniak, diolah lebih lanjut menjadi gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ). *Nitrosomonas* terlibat dalam tahapan nitritasi yaitu tahap oksidasi ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) menjadi ion nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dan *Nitrobacter* terlibat di dalam tahap nitrase, yaitu tahap kedua proses nitrifikasi.

Secara keseluruhan variasi ketiga HRT tersebut belum mampu menyisihkan amoniak sampai baku mutu yang ditetapkan sebesar 10 mg/l. Konsentrasi amoniak terendah sebesar 16,4 mg/l. IPAL portabel ini belum cukup efektif menyisihkan kadar amoniak dalam air limbah dapur kantin Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.

### 3.3. Penyisihan minyak dan lemak

Penyisihan konsentrasi minyak dan lemak dalam limbah kantin Departemen Teknik Elektro ditunjukkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Efisiensi penyisihan kandungan minyak dan lemak terhadap variasi HRT.

HRT (jam)	Kandungan minyak dan lemak (mg/l)					Efisiensi (%)
	Kandungan awal	Setelah bak penangkap lemak	Antara bak anaerob dan aerob	Outlet	(awal-outlet)	
4	1788	1294	1098	680	1108	62
8	508	300	288	112	396	78
12	428	236	210	40	388	91

Efisiensi penyisihan minyak dan lemak tertinggi sebesar 91% dicapai pada saat HRT 12 jam dengan konsentrasi efluen sebesar 40 mg/l. HRT 4 jam dan 8 jam menghasilkan efisiensi penyisihan masing-masing 62% dan 78%. Peran bak penangkap lemak dan minyak cukup efektif menyisihkan lemak & minyak. Sebagai contoh pada HRT 12 jam konsentrasi minyak & lemak awal sebesar 428 mg/l turun menjadi 40 mg/l, dengan kata lain IPAL portabel mampu menyisihkan minyak & lemak sebesar 388 mg/l. Bak penangkap lemak didesain berdasarkan perbedaan massa jenis, minyak dan air akan terpisah karena massa jenisnya yang berbeda. Menurut Syafila *et al.* (2013) berat jenis air pada kondisi *Standard Temperature and Pressure* (STP) sebesar 1 g/cm<sup>3</sup> (setiap 1 cm<sup>3</sup> air beratnya adalah 1 g), sedangkan berat jenis minyak sekitar 0,8 g/cm<sup>3</sup>. Ketinggian bak penangkap minyak & lemak hampir sama dengan *outlet* IPAL Portabel. Hal tersebut dilakukan dengan harapan minyak yang terapung akan mengalir ke terjunan sebelum keluar melalui pipa *outlet*.

Menurut Ahmad *et al.* (2011) selain bak penangkap lemak, penyisihan minyak dan lemak terjadi akibat proses anaerob dan aerob pada IPAL Portabel. Pada proses anaerob, terjadi hidrolisis senyawa minyak dan lemak melalui beberapa tahap yakni tahap pembentukan asam (proses hidrolisis, asidogenesis dan asetogenesis) dan tahap pembentukan metana (proses metanogenesis).

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) portabel untuk mengolah air limbah domestik skala rumah tangga sangat efisien untuk menyisihkan minyak & lemak mencapai 91% dengan HRT 12 jam. Penyisihan COD dan amoniak

masing-masing sebesar 60% dan 71%. Dalam penelitian hanya difokuskan pada variasi HRT terhadap penyisihan polutan limbah domestik dan kriteria desain IPAL portabel tidak dipertimbangkan.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro atas pendanaan penelitian ini melalui DIPA anggaran tahun 2017.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad A, Syarfi dan Atikalidia M. 2011. Penyisihan chemical oxygen demand (COD) dan produksi biogas limbah cair kelapa sawit dengan bioreaktor hibrid anaerob bermedia cangkang sawit [Prosiding]. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” A03:1-8.
- Aiyuk S, Amoako J, Raskin L, van Haandel A and Verstraete W. 2004. Removal of carbon and nutrients from domestic wastewater using a low investment, integrated treatment concept. *Water Research* 38(13):3031-3042.
- Ajit K. 2016. A review on grey water treatment and reuse. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 3(5):2665–2668.
- [APHA] American Public Health Association. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater 17<sup>th</sup> ed. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Washington DC.
- Chen M, Chen J and Du P. 2006. An inventory analysis of rural pollution loads in China. *Water Science Technology* 54(11-12):65–74.
- Dixit A, Dixit S and Goswami CS. 2011. Process and plants for wastewater remediation: a review. *Scientific Reviews and Chemical Communications* 11:71-77.
- Everhard. 2001. Clearwater treatment industries: aqua nova. Everhard Industries. Queensland.
- Herald D dan Diana A. 2001. Penyisihan amonia, nitrit dan nitrat dari limbah cair hotel dengan metode multi soil layering (MSL) studi kasus: limbah Hotel Pangeran Beach, Padang [internet]. Tersedia di: <http://repo.unand.ac.id/2908>.
- Indriyati. 2003. Proses pembenihan (seeding) dan aklimatisasi pada reaktor tipe fixed bed. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 4(2):54-60.
- Lambe JS. 2010. Greywater-treatment and reuse. *Journal of Mechanical and Civil Engineering* 10(3):20–26.



- Latrach L. 2016. Domestic wastewater disinfection by combined treatment using multi-soil-layering system and sand filters (MSL-SF): a laboratory pilot study. *Ecological Engineering* 19(91):294–301.
- Masunaga T, Sato K, Mori J, Shirahama M, Kudo H and Wakatsuki T. 2007. Characteristics of wastewater treatment using a multi-soil-layering system in relation to wastewater contamination levels and hydraulic loading rates. *Soil Science Plant Nutrition* 53(2):215-223.
- PerMenLHK (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan) Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.
- Pillay S, Foxon K, Rodda N, Smith MT and Buckley CA. 2006. Microbiological studies of an anaerobic baffled reactor (ABR). South African National Research Foundation and University of KwaZulu-Natal. South African.
- Said NI dan Arie H. 2002. Teknologi pengolahan air limbah. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Jakarta.
- Schnurer A and Jarvis A. 2009. Microbiological handbook for biogas plants. Svenskt gastekniskt center AB. Malmo.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia 06-6989.2-2004. 2004. Air dan air limbah-bagian 2: cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Suharto I. 2011. Limbah kimia dalam pencemaran udara dan air. Andi Offset. Yogyakarta.
- Syafila M, Djajadiningrat A dan Handajani M. 2013. Kinerja bioreaktor hibrid anaerob dengan media batu untuk pengolahan air buangan yang mengandung molase. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences* 35(1):19-31.
- Wakatsuki T, Esumi H and Omura S. 1993. High performance and N and P removable on-site domestic waste water treatment system by multi-soil-layering method. *Water Science Technology* 27(1):31–40.