

Analisis Kualitas Air Lindi Asal Tempat Embuangan Akhir Sampah Kota Pekanbaru Berdasarkan Parameterbiologi, Fisika Dan Kimia

FIKRI DARYAT*¹, DELITA ZUL², BERNADETA L. FIBRIARTI²
¹²³Program Studi S1 Biologi FMIPA-UR
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Kampus Bina Widya Pekanbaru 28293, Indonesia
*fikridaryat@gmail.com

ABSTRAK

Air lindi merupakan limbah cair yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan karena kandungan senyawa-senyawa yang bersifat toksik serta mikroorganisme patogen. Oleh karena itu, air lindi tidak boleh dibuang ke badan air tanpa penanganan terlebih dahulu dan diketahui kualitasnya. Penelitian ini bersifat deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk analisis kualitas air lindi dari landfill TPA sampah Muara Fajar Kota Pekanbaru ditinjau dari aspek biologi, fisika, dan kimia. Sampel air lindi diambil dari 6 titik sampling yaitu pada parit pembuangan awal (*inlet* - PA), kolam proses pengendapan (K1), kolam proses anaerob (K2), kolam proses aerasi (K3), kolam proses penjernihan (K4) dan bak penampungan akhir (*outlet* - BPA). Parameter yang dianalisis meliputi pengukuran BOD, COD, pH, temperatur, NH₃N, dan TSS yang ditentukan menggunakan metode standar. Selain itu juga dihitung indeks MPN menggunakan metode *Most Probable Number* dan deteksi keberadaan *Salmonella* dan *Shigella* menggunakan medium SSA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa COD tertinggi dan terendah terdapat pada kolam PA dan kolam BPA dengan nilai berturut-turut yaitu 23.125 mg/l dan 3.750 mg/l. Nilai BOD tertinggi dan terendah pada kolam K3 dan kolam PA dengan nilai 1105,5 mg/l dan 393,4 mg/l. Nilai TSS tertinggi dan terendah pada kolam PA dan kolam K4 yang memiliki nilai 1,4 mg/l dan 0,7 mg/l. Indeks MPN tertinggi dan terendah pada PA, K1 dan BPA yang memiliki nilai ≥ 2400 dan < 2 . *Salmonella* sp. diketahui positif terdapat pada semua titik sampling, sebaliknya tidak ada *Shigella* sp. pada semua titik sampling. Nilai COD, BOD, dan indeks MPN dari air lindi untuk setiap titik sampling belum memenuhi baku mutu lingkungan, kecuali indeks MPN untuk kolam BPA telah memenuhi baku mutu lingkungan. Air lindi TPA Sampah Kota Pekanbaru belum dinyatakan layak sesuai dengan baku mutu lingkungan.

Kata kunci: air lindi, COD, BOD, Indeks MPN, TSS, *Salmonella* dan *Shigella*

ABSTRACT

Leachate is liquid waste that has the potential to cause environmental pollution. The content of organic compounds and chemicals as well as high pathogenic microorganisms of leachate will be harmful to the environment if those are discharged into water bodies without treatment beforehand. This was a descriptive qualitative research that aimed to analysis leachate quality obtained from landfill of Muara Fajar Pekanbaru city in terms of aspects of biology, physics, and chemistry. Samples of the leachate were taken from 6 sampling points; which were at the disposal of the initial trench, deposition pond, anaerobic process pond, aeration process, purification pond, and final treatment pond. The parameters analyzed included measurement of BOD, COD, pH, temperature, NH₃N, and TSS which were determined using standard methods. In addition, index of Most Probable Number and detection of the presence of *Salmonella* and *Shigella* using SSA medium were undertaken. The results showed that the highest and the lowest COD value were obtained from the PA pond and BPA pond, reaching 23.125 mg/l and 3.750 mg/l respectively. Whilst the highest and the lowest BOD were found in the K3 pond and the PA pond which had value of 1105.5 mg/l and 393.4 mg/l respectively. On the other hand, the highest and the lowest TSS

value were found on the PA pond and K4 pond which had value of 1.4 mg/l and 0.7 mg/l respectively. The MPN index was found as the highest on the PA pond, while the lowest was on the K1 and CPA pond which had value ≥ 2400 and < 2 respectively. The content of *Salmonella* sp. was positive for all sampling points. Whilst the content of *Shigella* sp. was negative for all the sampling point. The COD, BOD, and MPN index of leachate for each sampling point did not meet environmental standards, except for an MPN index for the K3, K4 and BPA ponds. To summarize, the leachate from Landfill of Pekanbaru has not been declared eligible in accordance with environmental quality standards.

Key words: leachate, COD, BOD, MPN index, TSS, *Salmonella* sp., *Shigella* sp.

PENDAHULUAN

Air lindi merupakan lelehan hasil degradasi sampah yang berasal dari limpasan air hujan yang dapat menimbulkan pencemaran apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Sejalan dengan penelitian sebelumnya dinyatakan bahwa toksisitas air lindi berasal dari kandungan senyawa kimia organik maupun anorganik serta sejumlah bakteri patogen yang terkandung di dalamnya (Fahrudin 1989). Dalam bahan organik terkandung unsur-unsur yang bernilai nutrisi lebih untuk mendukung pertumbuhan mikroorganime. Khamid (2012) menyatakan bahwa dalam kandungan lindi diidentifikasi beberapa genus bakteri aerob seperti *Streptococcus*, *Escherichia*, *Pseudomonas* dan *Proteus*. Kandungan mikroorganime limbah cair domestik juga didominasi oleh mikroorganime patogen seperti virus, cacing parasit, protozoa parasit dan lainnya yang dapat mengakibatkan terjangkitnya penyakit bawaan air terhadap manusia (Said *et al.* 2005). TPA Muara Fajar Kota Pekanbaru telah menggunakan lagoon sebagai kolam stabilisasi limbah cair domestik sebelum dibuang ke badan perairan. Dengan adanya aktivitas biologis di kolam tersebut diduga dapat menurunkan kandungan senyawa organik pencemar dalam lindi.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kualitas air lindi dari *landfill* TPA sampah Muara Fajar Kota Pekanbaru pada *inlet*, *outlet* dan kolam stabilisasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menyediakan informasi mengenai kualitas air lindi yang berasal dari limbah domestik berdasarkan parameter fisika, kimia dan biologi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari sampai Maret tahun 2016. Analisis parameter biologi, fisika, dan kimia dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau, Laboratorium Ekologi dan Manajemen Lingkungan Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau dan Laboratorium Teknologi Bioproses Fakultas Teknik Universitas Riau.

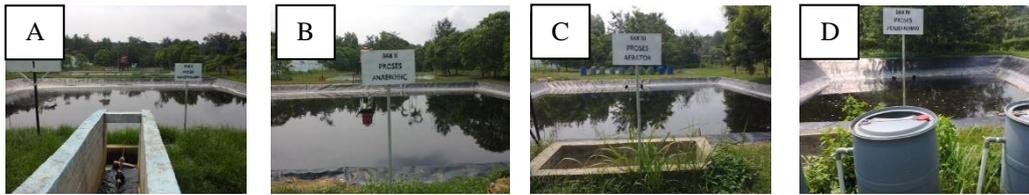
Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air, aquades steril, Potassium dichromate 1 N dan 0,0250 N, Indikator Ferroin : Ferrous Ammonium Sulfat (FAS) (IPB 1992), endo agar (Merck), Medium *Lactose Broth* (Alaert & Santika 1987), Medium *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB) (Alaert & Santika 1987), Medium *Salmonella Shigella* Agar (SSA) (Difco™ & BBL™).

Prosedur kerja

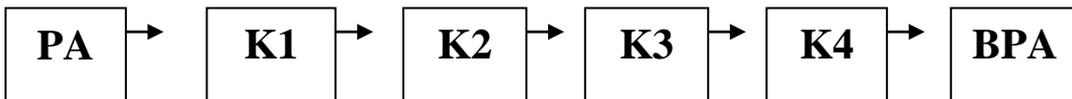
Sampling air

Sampel air lindi yang akan dianalisis diperoleh dari Lagoon yang berada di kompleks TPA Muara Fajar Kota Pekanbaru. Lagoon terdiri dari 4 kolam stabilisasi yang diperlakukan dengan empat proses yang berbeda pada masing-masing kolam, yaitu: proses pengendapan, proses anaerob, proses aerator, proses penjernihan (Gambar 1.)



Gambar 1. Perlakuan yang diberikan pada 4 kolam yang berbeda (A) Kolam 1 (proses pengendapan), (B) Kolam 2 (proses anaerob), (C) Kolam 3 (proses aerasi), (D) Kolam 4 (proses penjernihan)

Sampling dilakukan dengan cara mengambil sampel dari titik sampling pada parit pembuangan awal (*inlet*), 4 kolam penampungan (pada bagian *inlet* dan *oulet* kolam) dan bak penampungan akhir (*oulet*). Sebelum sampel diambil titik sampling pada kolam diaduk menggunakan kayu terlebih dahulu dan kemudian diambil menggunakan *vandorn water sampler*, kemudian sampel dimasukkan kedalam botol gelas steril yang bervolume 500 ml dan 250 ml. Hasil dari sampling diperoleh sebanyak 12 sampel untuk keseluruhan kolam, kemudian lindi tersebut diberi label dan dibawa ke laboratorium. Titik sampling ditentukan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema titik sampling pada kolam

Keterangan: PA = Pembuangan Awal (Parit)
 K = Kolam
 BPA = Bak Penampungan Akhir

Sampel yang diperoleh dari 4 kolam stabilisasi, 1 *inlet* dan 1 *oulet* dari instalasi lindi masing-masing diambil 2 kali sebagai pengulangan dan dilakukan pengukuran dengan parameter analisis yaitu: Pengukuran COD, Pengukuran BOD, Pengukuran pH, Pengukuran temperatur, Analisis Konsentrasi Penghitungan *Total Suspended Solid* (TSS), Maksimum Amoniak (NH₃N), Analisis Kandungan *Escherichia coli* dan koliform, Deteksi kandungan *Sallmonela* sp. dan *Shigella* sp.

Pengukuran COD (Chemical Oxygen Demand)

Pengukuran COD (IPB 1992) dilakukan dengan cara erlenmeyer 125 ml dicuci bersih hingga bebas bahan organik. Kemudian dipipet 10 ml sampel air lindi dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer lalu ditambahkan 5 ml K₂Cr₂O₇ dan diaduk. Ditambahkan 15 ml H₂SO₄ pekat dan kemudian diaduk. Kemudian ditutup erlenmeyer dengan gelas penutup dan dibiarkan selama 30 menit. Lalu diencerkan dengan menambahkan 7,5 ml akuades bebas ion dan diaduk. Ditambahkan 2 tetes indikator Ferroin, dan dititrasi dengan FAS hingga tampak terjadi perubahan warna. Kemudian dibuat larutan blanko dengan menggunakan 10 ml akuades kemudian ditambahkan seluruh pereaksi yang digunakan seperti perlakuan pada sampel. Lalu dihitung nilai COD dengan rumus:

$$X \text{ (mg/L)} = \frac{B-S) \times N \times 8 \times 1000}{\text{ml sampel}}$$

Keterangan:

B = Volume FAS yang digunakan dalam larutan blanko
 S = Volume FAS yang digunakan dalam sampel air lindi
 N = Normalitas FAS

Pengukuran BOD (Biological Oxygen Demand)

Pengukuran COD (IPB 1992) dilakukan dengan cara diambil 500 ml sampel lindi kemudian dilakukan 5 sampai 100 kali pengenceran dengan menggunakan akuades. Lalu untuk peningkatan kadar oksigen diaerasikan dengan aerator baterai selama 5 menit. Kemudian dipindahkan sampel air lindi tersebut ke dalam botol BOD gelap dan terang hingga penuh. Lalu dianalisa kadar oksigen terlarut (DO_1) dari sampel air lindi yang berada dalam botol BOD terang, sedangkan sampel air lindi pada botol BOD gelap diinkubasi pada suhu 20°C selama 5 hari dan kemudian ditentukan kadar oksigen terlarut di dalamnya. Rumus yang digunakan untuk perhitungan BOD adalah:

$$\text{BOD}_5 \text{ (ppm)} = (\text{DO}_1 - \text{DO}_5) \times \text{faktor pengenceran}$$

Pengukuran pH

Pengukuran dilakukan menggunakan pH meter. Terlebih dahulu dikalibrasi alat pH meter dengan menggunakan akuades, kemudian keringkan dengan tisu dan selanjutnya bilas elektroda dengan sedikit sampel lindi dan celupkan elektroda kedalam sampel lindi sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap dan dicatat hasil pembacaan skala atau angka digitalnya (Sudarmadji 1984).

Pengukuran Temperatur

Pengukuran temperatur sampel lindi menggunakan termometer digital infra merah dan ditembakkan bagian infra merah ke bagian kolam dari penampungan lindi, skala dibaca pada layar digital.

Analisis Konsentrasi Maksimum Amoniak (NH_3N) Menggunakan Metode Phenate

Analisis Konsentrasi NH_3N (American Public Health Association 1998) dilakukan dengan tahapan pertama diambil 25 ml sampai 50 ml sampel lindi dan disaring dengan kertas Whatman no 42. Kemudian diambil dengan pipet volume 10 ml sampel lindi yang telah disaring tersebut dan dimasukkan ke dalam gelas beaker. Sambil diaduk ditambahkan 1 tetes MnSO_4 0,5 ml *chlorox (oxidizing solution)* dan 0,6 ml phenate. Phenate ditambahkan dengan segera dengan menggunakan pipet tetes yang sudah dikalibrasi. Didiamkan selama ± 15 menit, sampai pembentukan warna stabil (warna akan tetap stabil sampai beberapa jam). Larutan blanko dibuat dari 10 ml akuades yang prosedur pengerjaannya seperti cara kerja diawal. Kemudian dibuat larutan standar dari 10 ml larutan standar ammonia (0,30 ppm) prosedurnya juga mengikuti cara kerja diawal. Dengan larutan blanko pada panjang gelombang 630 nm, diatur spektrofotometer pada *absorbance* 0,00 kemudian dilakukan pengukuran sampel dan larutan standar. Menghitung konsentrasi ammonia-N total (TAN) dengan persamaan:

$$[\text{TAN}] = \text{mg/L sebagai N} = \text{ppm NH}_3\text{-N} = \text{Cst} \times \frac{\text{As}}{\text{Ast}}$$

Keterangan:

Cst : konsentrasi larutan standar (0,30 mg/l)

Ast : nilai *absorbance* larutan standar

As : nilai *absorbance* air sampel

Konsentrasi amonia yang terukur tersebut dinyatakan dalam kadar nitrogen (N) yang terdapat dalam ammonia (NH_3). Untuk mengetahui konsentrasi ammonia yang dinyatakan dalam mg NH_3/l (=ppm NH_3). Nilai (TAN) dikalikan dengan faktor seperti pada persamaan berikut:

$$\text{mg NH}_3/\text{L} = \text{ppm NH}_3\text{-N} \times \frac{\text{BM NH}_3}{\text{BA N}} = \text{ppm NH}_3\text{-N} \times 1,216$$

Keterangan:

BM : berat molekul

BA : berat atom

Penghitungan Total Suspended Solid (TSS)

Penghitungan TSS (IPB 1992) dilakukan dengan cara pertama disiapkan filter (Millipore dengan porositas 0,45 µm) dan vacum pump. Lalu disaring 2x20 ml akuades dan dibiarkan penyaringan selama 2-3 menit untuk menghisap kelebihan air. Kemudian keringkan kertas saring dalam oven selama 1 jam pada temperatur 103°C – 105°C dan setelah itu didinginkan di dalam desikator dan kemudian ditimbang. Kemudian diambil sampel air lindi dengan gelas ukur kemudian diaduk dan disaring dengan menggunakan kertas filter yang telah ditimbang. Lalu keringkan filter dan residu dalam oven dengan temperatur 103°C – 105°C selama 1 jam dan didinginkan di dalam desikator kemudian ditimbang. Perhitungan TSS menggunakan rumus:

$$\text{TSS (mg/L)} = (A-B) \frac{1000}{\text{ml sampel}}$$

Keterangan:

A = Berat filter dan residu (mg)
B = Berat filter (mg)

Analisis Kandungan Koliform dan E. coli Penyediaan inokulum uji

Analisis dilakukan menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN). Inokulum berasal dari sampel uji. Sampel uji berupa limbah cair domestik yang berwarna keruh karena terdapat endapan di dalamnya. Sampel dilakukan dengan cara pengenceran bertingkat. Sebanyak 1 ml sampel dimasukkan ke tabung reaksi yang telah berisi 9 ml akuades steril dan kemudian divortex hingga larutan homogen, ini merupakan pengenceran tahap 10⁻¹. Dari pengenceran 10⁻¹ diambil 1 ml larutan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi lain yang telah berisi 9 ml akuades steril dan kemudian divortex, ini merupakan pengenceran tahap 10⁻². Dari pengenceran 10⁻² diambil 1 ml larutan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi lain yang telah berisi 9 ml akuades steril dan kemudian divortex, ini merupakan pengenceran tahap 10⁻³. Dari pengenceran 10⁻³ diambil 1 ml larutan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi lain yang telah berisi 9 ml akuades steril dan kemudian divortex kembali agar homogen, dan ini merupakan pengenceran tahap 10⁻⁴ (Alaerts *et al.* 1987).

Uji Pendugaan (Presumptive Test)

Sampel yang telah diencerkan pada 10⁻², 10⁻³ dan 10⁻⁴ masing – masing dipipet 1 ml dan diinokulasikan ke dalam media *lactose broth* dengan seri tabung 5-5-5. Tabung reaksi kemudian diinkubasi pada suhu 36°C selama 2x24 jam, dengan pengamatan setiap 24 jam dan diamati gelembung (gas) yang tertangkap di dalam tabung Durham.

Uji Penegasan (Confirmed Test)

Tabung yang menghasilkan gas pada tes pendugaan dipipetkan sebanyak 0,1 ml ke dalam tabung reaksi yang telah berisi media *Brilliant Green Lactose Broth*. Semua tabung diinkubasi pada suhu 44°C selama 24 jam, kemudian tabung yang menghasilkan gas pada tabung Durham dicatat sebagai hasil positif (Rosyidi *et al.* 2010). Keseluruhan tabung positif dicatat dan ditentukan nilai angka paling memungkinkan (*Most Probable Number*) dengan menggunakan tabel MPN pada seri tabung 5-5-5 (Lampiran 1).

Uji Pelengkap (Complete Test)

Tabung yang positif gelembung kemudian dipindahkan ke media Endo Agar dengan cara *spread plate* dan *streak plate* dan diinkubasi pada suhu 35°C (Endang 2001). Diamati warna spesifik yang terlihat pada koloni *E.coli*.

Deteksi Kandungan *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.*

Sampel air lindi diinokulasi pada media *Salmonella Shigella Agar* (SSA) dengan teknik gores (*streak*) kemudian pada tepi cawan petri diselotip dan dibungkus dengan plastik wrap setelah itu diinkubasi pada suhu ruang. (Rahmi *et al.* 2014).

Analisis Data

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif kualitatif. Seluruh data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan cara membandingkannya dengan baku mutu lingkungan yang distandarkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Kimia

Kualitas dari air lindi sangat dipengaruhi oleh karakteristik kimia yang terkandung di dalamnya. Keadaan karakteristik kimia dalam air lindi ini menjadi penentu kelayakan air lindi untuk dibuang ke badan perairan. Parameter kimia air lindi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik kimia air lindi TPA Sampah Kota Pekanbaru

Titik Sampling ¹⁾	Parameter			
	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	NH ₃ N (mg/L)
PA	7,4	393,4	27500	0,376
K1	7,2	587,65	18750	0,533
K2	7,7	796,7	18750	0,498
K3	7,5	1105,55	11250	0,167
K4	7,7	1000,7	6250	0,176
BPA	7,6	532,85	3750	0,196
BML	6-9 ²⁾	100 ³⁾	300 ²⁾	1,5 ⁴⁾

Keterangan: ¹⁾ PA= Pembuangan awal, K1= Kolam pengendapan, K2= Kolam anaerob, K3= Kolam aerasi, K4= Kolam penjernihan, BPA= Bak penampungan akhir, BML= Baku Mutu Lingkungan

²⁾ KepMenPU

³⁾ KepMenLH Nomor 112 Tahun 2003

⁴⁾ PerMenKes Nomor 492 Tahun 2010

Kandungan *Biological Oxygen Demand* Air Lindi

Pada PA kandungan BOD relatif tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena PA merupakan awal masuk air lindi yang berasal dari drainase aliran lindi tumpukan sampah *landfill* tanpa adanya perlakuan menuju bak stabilisasi. Pada K1 kandungan BOD mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Keadaan ini dapat terjadi karena kemungkinan adanya kandungan selulosa pada air lindi yang menyebabkan dekomposisi secara biologis berlangsung relatif lambat (Effendi 2003) yang mengakibatkan terjadinya penumpukan bahan organik pada kolam pengendapan.

Pada K2 kandungan BOD menurun karena adanya aktifitas perombakan bahan pencemar organik oleh bakteri anaerob, sehingga kadar BOD dalam air lindi mengalami penurunan (Susanto *et al.* 2008). Menurut penelitian Raharjo (2009), pada proses *secondary treatment* dengan pemanfaatan mikroorganisme anaerobik dapat terjadi pengurangan kandungan BOD di dalam air limbah.

Pada K3 kandungan BOD mengalami kenaikan dikarenakan aerator mesin yang melakukan penyaluran oksigen pada bak aerasi mengalami kerusakan. Keadaan suplai oksigen yang kurang baik dan hanya memanfaatkan oksigen dari atmosfer dapat menyebabkan penguraian zat pencemar kurang optimal. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha penghilangan zat pencemar dari air limbah, sehingga zat pencemar pada air limbah akan berkurang (Sugiharto 1987).

Pada K4 mengalami penurunan nilai BOD. Penurunan ini disebabkan oleh adanya pemanfaatan filter pasir dan ijuk sebagai penyaring air lindi yang terdapat pada tank-tank yang terhubung satu sama lainnya sebelum air lindi dimasukkan ke kolam penjernihan. Hal ini sejalan dengan penelitian Prasetyo (2013) yang menyatakan penggunaan filter pasir dan arang aktif pada pengolahan air limbah industri akan mengalami penurunan kandungan BOD.

Pada BPA nilai BOD mengalami penurunan yang cukup signifikan. Hal ini dapat terjadi karena terdapatnya alga pada permukaan kolam yang tumbuh secara alamiah. Alga akan membantu dalam menghasilkan oksigen dari proses fotosintesis (Rahayu 1993) yang bersama bakteri akan mendegradasi senyawa organik. Menurut (KepMen Lingkungan Hidup Nomor 112 tahun 2003) tentang baku mutu BOD yang layak dilepas ke lingkungan adalah sebesar 100 mg/l, maka dengan demikian efluent dari BOD air lindi TPA sampah Kota Pekanbaru tersebut belum layak untuk dilepas ke lingkungan.

Kandungan *Chemical Oxygen Demand* Air Lindi

Pada PA kandungan COD cukup tinggi karena sampling dilakukan pada pipa pembuangan awal (*inlet*) dari air lindi tersebut yang masih mengandung beban pencemar yang relatif tinggi. Pada K1 kandungan COD menurun karena terjadinya pengoksidasian zat pencemar pada kolam pengendapan dan juga kemungkinan kandungan zat pencemar pada air lindi mengendap ke dasar kolam menjadi lumpur, sejalan dengan kecepatan arus yang berada pada kolam tersebut.

Pada K2 kandungan COD menurun karena terjadi pengendapan material organik ke dasar kolam yang lebih dalam dari kolam lainnya sehingga proses penguraian terjadi di dasar kolam dan air pada bagian permukaan jernih dan kandungan oksigen tinggi (Sari *et al.* 2015). Sejalan dengan penelitian Sani (2006), proses anaerob dapat mengurangi kandungan organik limbah industri tahu yang pekat dan dapat menurunkan konsentrasi COD. Prinsipnya proses perombakan secara anaerob ialah terjadinya perombakan bahan organik kompleks oleh mikroorganisme anarobik menjadi asam organik sederhana dan untuk selanjutnya dilakukan penguraian menjadi bentuk gas.

Pada K3 terjadi peningkatan nilai COD. Peningkatan ini terjadi karena keadaan aerator mesin pada K3 mengalami kerusakan maka suplai oksigen pada kolam aerasi menjadi tidak optimal. Hal lain yang diduga penyebab tingginya nilai COD adalah adanya penambahan EM4. Hal ini diduga disebabkan oleh penambahan EM4 dapat membentuk proses *acidogenesis*, dimana proses *acidogenesis* ini dapat menaikkan nilai kandungan bahan organik COD dan BOD (Kusuma 2012).

Pada K4 kandungan nilai COD menurun. Hal ini karena adanya penambahan kapur tohor dan tawas. Tawas yang berfungsi sebagai pengendap partikel (koagulan) dapat juga mempengaruhi penurunan kadar COD. Penyisihan senyawa – senyawa organik dalam proses koagulasi secara tidak langsung mengakibatkan menurunnya nilai COD (Karamah 2009). Penurunan nilai COD juga dipengaruhi oleh penambahan kapur tohor dikarenakan kapur bersifat sebagai pengatur senyawa OH⁻ dalam larutan. Penambahan kapur tersebut akan meningkatkan kadar OH⁻ dalam air yang akan bersama oksigen mendegradasi COD dalam air limbah (Isyuniarto 2007).

Pada BPA kandungan nilai COD menurun cukup signifikan. Hal ini dapat terjadi karena pada BPA tumbuh alga secara alamiah pada permukaan kolam yang bersama bakteri akan menurunkan beban pencemar dari air lindi. Terdapatnya alga pada permukaan air lindi akan membantu menyuplai oksigen dari hasil fotosintesis dalam penguraian secara aerobik (Nayono 2010). Menurut peraturan Menteri Pekerjaan Umum tentang penyelenggaraan prasarana dan sarana persampahan, baku mutu efluent IPL lindi sebesar 300 mg/l, oleh karena itu besarnya COD air lindi TPA sampah Kota Pekanbaru pada efluent belum sesuai yang distandarkan.

Derajat Keasaman (pH) Air Lindi

Kondisi pH yang terdapat pada seluruh titik sampling didapatkan kisaran pH relatif basa (Tabel 1) yang berada sedikit diatas pH umum air sekitar 6-7. Kondisi pH yang relatif basa ini diakibatkan karena usia tumpukan sampah pada landfill yang sudah tua menyebabkan pH lindi yang dihasilkan mendekati netral (Damanhuri 2008) dan menurut penelitian Purwanta (2007), variasi pH air lindi di Indonesia berkisar antara 6-8. Komposisi sampah dari *landfill* yang menjadi sumber lindi didominasi oleh tumpukan sampah rumah tangga seperti bungkus detergen atau sabun yang bersifat basa, juga akan berdampak pada peningkatan pH air lindi tersebut. Pada beberapa titik sampling terdapat kenaikan pH namun tidak keluar dari ambang batas mutu lingkungan yakni berisar antara 6-9 (Kementrian PU). Pada titik sampling K4 memiliki nilai pH tertinggi yaitu 7,7. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya pasir yang berada pada filter sebelum lindi dimasukkan ke kolam penjernihan, dimana pasir tersebut mengandung logam – logam alkali (Na, K) dan ikut terlarut kedalam air limbah (Sarjono 2005). Nilai pH dari efluen air

lindi yang berada pada kolam penampungan akhir memiliki pH sebesar 7,6. Hal ini sudah memenuhi baku mutu efluen IPL berdasarkan Kementerian Pekerjaan Umum yang mensyaratkan rentang pH air limbah yang layak dilepaskan ke lingkungan adalah sekitar 6 sampai 9.

Kandungan Ammonia Nitrogen (NH₃N) Air Lindi

Keseluruhan titik sampling pada kolam stabilisasi lindi didapatkan rentang nilai yang tertinggi dari 0,454 mg/l hingga yang terendah 0,095 mg/l. Kandungan NH₃N yang terkandung di dalam air lindi masih berada dalam ambang kelayakan yaitu sebesar 1,5 mg/l (Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010). Konsentrasi NH₃N yang tinggi dapat menyebabkan terganggunya treatment secara biologi terutama pada sistem anaerob yang terdapat pada kolam stabilisasi (Zhang *et al.* 2005) karena kandungan NH₃N yang tinggi bersifat toksik bagi bakteri *methanogenesis* yang merupakan bakteri yang berperan dalam dekomposisi bahan organik pada kondisi anaerob (Uygur *et al.* 2004). Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada K2 dan K3 (Pengolahan Anaerob dan Aerob). Menurut penelitian Ashanur *et al.* (2011) pemanfaatan metode pengolahan anaerob dan aerob dapat menurunkan kandungan NH₃N pada air lindi TPA Jatibarang Semarang.

Parameter Fisika

Karakteristik fisik dari air lindi ikut serta mempengaruhi keadaan kualitas air lindi tersebut. Kondisi fisik tersebut tersaji pada (Tabel 2.) yang merupakan analisis parameter fisika dari air lindi.

Tabel 2. Karakteristik fisika air lindi TPA Sampah Kota Pekanbaru

Titik Sampling ¹⁾	Parameter	
	Suhu (°C)	TSS (mg/L)
PA	27,5	1,4
K1	28,8	1,3
K2	29,4	1,2
K3	28,5	1,1
K4	28	0,7
BPA	28,2	1
BML	Deviasi 3 Suhu Udara ²⁾	100 ³⁾

Keterangan: ¹⁾ PA= Pembuangan awal, K1= Kolam pengendapan, K2= Kolam anaerob, K3= Kolam aerasi, K4= Kolam penjernihan, BPA= Bak penampungan akhir, BML= Baku Mutu Lingkungan

²⁾ PP Nomor 82 Tahun 2001

³⁾ KepMenLH 2003

Keadaan Temperatur Air Lindi

Temperatur dari air lindi juga mempengaruhi kelayakan air lindi untuk dilepas ke badan perairan. Hasil pengukuran temperatur lindi pada kolam stabilisasi menunjukkan suhu yang relatif stabil yakni dengan suhu tertinggi yaitu 29,1°C yang berada pada titik sampling K2 dan berada pada kolam anaerobik dan untuk suhu terendah yaitu 27,5°C berada pada titik sampling PA yang berada pada pembuangan awal dari air lindi.

Temperatur sangat mempengaruhi keadaan proses fisika, kimia dan biologi badan air. Jika dilihat dari keseluruhan temperatur yang ada pada tiap titik sampling menandakan bahwasannya siklus biologis pada air lindi dapat berjalan baik, karena jika suhu terlalu tinggi melewati ambang batas suhu lingkungan maka akan mengganggu aktifitas dan kehidupan organisme air, karena oksigen yang terlarut di dalam air akan turun bersama dengan kenaikan suhu (Suhartini 2008).

Total Suspended Solid Air Lindi

Kandungan nilai TSS pada air lindi TPA Kota Pekanbaru mengalami penurunan dari tahapan – tahapan pengolahan bak stabilisasi. Hal ini dapat terjadi karena adanya laju pengendapan pada dasar kolam yang mengikuti kecepatan arus pada masing - masing kolam. Keadaan air kolam yang tenang dapat menyebabkan padatan tersuspensi mengendap ke dasar kolam (Jatmiko 2007). Pada K4 kandungan TSS menurun cukup signifikan dikarenakan oleh adanya penggunaan filter pasir. Metode ini sesuai dengan Agustini (2010) yaitu bahan yang dapat digunakan sebagai media penyaringan antara lain pasir, ijuk, kerikil, arang dan batu. Oleh karena tertahannya partikel – partikel padatan yang ada di dalam limbah oleh media filter pada saat proses filtrasi yang diawali oleh proses penahanan dan pengikatan padatan atau partikel tersuspensi sehingga dapat menurunkan nilai TSS (Abrori *et al.* 2014). Penggunaan tawas sebagai bahan koagulan juga dapat mempengaruhi penurunan kandungan TSS. Menurut Basmal (2011) penggunaan koagulasi seperti tawas dapat dilakukan untuk mengendapkan partikel - partikel yang terlarut di dalam limbah dan juga untuk menjernihkan air. Pada BPA kandungan TSS naik namun tidak keluar dari ambang batas baku mutu lingkungan yakni sebesar 100 mg/l (KEPMENLH 2003).

Parameter Biologi

Karakteristik biologi dari air lindi berpengaruh terhadap kualitas air lindi tersebut. Kandungan biologi dari air lindi tersebut disajikan pada (Tabel 3.) yang merupakan hasil pemeriksaan koliform air lindi.

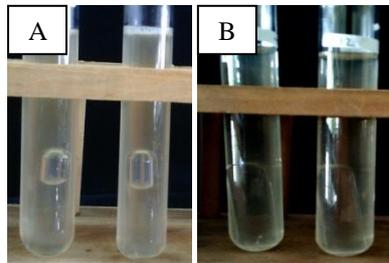
Tabel 3. Indeks MPN air lindi TPA sampah Kota Pekanbaru

Titik Sampling ¹⁾	Pengenceran			Nilai MPN/100 ml
	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	
PA	5	5	5	≥2400
K1	5	5	5	≥2400
K2	5	5	4	1600
K3	4	3	1	33
K4	4	1	0	17
BPA	0	0	0	<2
BML	1000/100 ml ²⁾			

Keterangan: ¹⁾ PA= Pembuangan awal, K1= Kolam pengendapan, K2= Kolam anaerob, K3= Kolam aerasi, K4= Kolam penjernihan, BPA= Bak penampungan akhir, BML= Baku Mutu Lingkungan
²⁾ PP Nomor 82 Tahun 2001

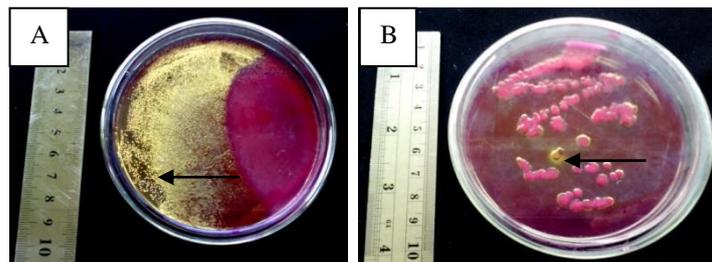
Analisis dilakukan terhadap tabung durham yang bergelembung pada masing – masing seri pengenceran (Gambar 3.A). Gelembung yang terperangkap pada tabung durham tersebut menandakan adanya aktifitas fermentasi laktosa pada mikroorganisme tersebut, sedangkan (Gambar 3.B) memperlihatkan hasil negatif dengan keadaan tabung durham tidak terdapat gelembung. Indeks MPN disajikan pada Tabel 4.3. Titik sampling PA dan K1 menunjukkan nilai MPN tertinggi yang umumnya dijumpai pada air limbah. Nilai yang sangat tinggi ini dikarenakan bahan organik pencemar pada air lindi yang masih baru sangat tinggi sebagai sumber nutrisi mikroorganisme. Kondisi pertumbuhan koliform juga didukung oleh temperatur yang mendukung pertumbuhannya yaitu sekitar 7°C – 46°C (Schlegel *et al.* 1994). Keadaan pH yang tergolong optimum antara 7 - 8 pada air lindi juga mendukung pertumbuhan bakteri koliform (McKinnon 2011). Terjadinya penurunan signifikan nilai MPN pada K3 diduga karena adanya penambahan EM4 sebagai penyebab menurunnya kandungan koliform dalam air lindi. Hal ini sejalan dengan penelitian Pitriani *et al.* (2014), adanya penurunan kandungan koliform dengan penambahan EM4 pada pengolahan limbah rumah sakit. Pada K4 kandungan koliform mengalami

penurunan karena adanya penambahan tawas pada K4. Penambahan tawas sebagai koagulan juga dapat menurunkan kandungan bakteri koliform hingga 90% (Bulson *et al.* 1984).



Gambar 3. Tabung reaksi yang terdapat media LB yang telah diinokulasikan sampel air lindi (A) Hasil positif (terdapat gelembung) (B) Hasil negatif (tidak terdapat gelembung)

Hasil positif analisis pertumbuhan *E. coli* pada medium endo agar memperlihatkan karakteristik *E. coli* berwarna merah dengan kilap logam (Budiono 2012). Pada metode streak didapatkan juga koloni bakteri yang tumbuh berwarna merah muda namun tidak memiliki kilap. Menurut penelitian Afif *et al.* (2015) koloni merah muda tidak memiliki kilap tersebut adalah koloni bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Koloni bakteri *E. coli* yang tumbuh pada medium endo agar disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Koloni *E. coli* pada medium endo agar yang ditandai dengan adanya warna merah kilap logam (tanda panah), (A) Spread dan (B) Streak

Kandungan Salmonella dan Shigella Air Lindi

Kandungan bakteri patogen berpengaruh terhadap kualitas air lindi. Hasil analisis kandungan bakteri patogen dari air lindi TPA sampah Kota Pekanbaru disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis kandungan bakteri patogen air lindi TPA Sampah KotaPekanbaru

Titik Sampling	Parameter	
	<i>Salmonella</i> sp.	<i>Shigella</i> sp.
PA	+	-
K1	+	-
K2	+	-
K3	+	-
K4	+	-
BPA	+	-

PA= Pembuangan awal, K1= Kolam pengendapan, K2= Kolam anaerob, K3= Kolam aerasi, K4= Kolam penjernihan, BPA= Bak penampungan akhir

Hasil analisis kandungan *Salmonella* sp. pada kolam air lindi menunjukkan hasil positif untuk seluruh titik sampling, sedangkan *Shigella* sp. menunjukkan hasil negatif untuk seluruh titik sampling. Koloni bakteri *Salmonella* sp. yang tumbuh pada medium SSA disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Koloni *Salmonella* sp. pada medium SSA yang ditandai dengan adanya warna hitam pada koloni bakteri.

Hasil positif pada analisis pertumbuhan *Salmonella* sp. pada medium SSA menunjukkan adanya pertumbuhan koloni berwarna hitam. Warna hitam yang terlihat dikarenakan oleh adanya sebagian besar bakteri *Salmonella* mampu menghasilkan hidrogen sulfida (H_2S). Hidrogen sulfida inilah yang mampu menghasilkan endapan hitam, sehingga menimbulkan warna hitam pada koloni bakteri (Siegrist 2009). Kandungan *Salmonella* sp. menunjukkan hasil positif pada bak penampungan akhir sebelum dibuang ke lingkungan. Hal ini sejalan dengan Feachem *et al.* (1983), kandungan *Salmonella* dalam air limbah berkisar dari beberapa sel sampai mencapai 8000 organisme per 100 ml air limbah. Kandungan *Shigella* sp. yang bernilai negatif untuk keseluruhan titik sampling diduga karena sifatnya yang tidak terlalu tahan untuk berada pada lingkungan alamiah. Hal ini sejalan dengan Said *et al.* (2005), *Shigella* kurang tahan berada di lingkungan dibandingkan dengan fecal koliform dan juga sifat *Shigella* yang sangat sulit untuk dibiakkan. Kandungan bakteri patogen di dalam air lindi menandakan terjadinya pencemaran pada air lindi, penanganan dapat dilakukan dengan cara pembubuhan desinfektan sebagai penghambat pertumbuhan bakteri patogen.

KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai COD tertinggi dan terendah pada kolam PA dan kolam BPA didapatkan nilai 23.125 mg/l dan 3.750 mg/l. Nilai BOD tertinggi dan terendah pada K3 dan PA yang memiliki nilai 1105,5 mg/l dan 393,4 mg/l. Nilai TSS tertinggi dan terendah pada PA dan K4 yang memiliki nilai 1,4 mg/l dan 0,7 mg/l. Indeks MPN tertinggi dan terendah pada PA, K1 dan BPA yang memiliki nilai ≥ 2400 dan < 2 . Kandungan *Salmonella* sp. positif untuk seluruh titik sampling dan kandungan *Shigella* sp. negatif untuk seluruh titik sampling. Nilai COD, BOD, dan Indeks MPN dari air lindi untuk setiap titik sampling belum memenuhi baku mutu lingkungan, kecuali Indeks MPN untuk kolam K3, K4, dan BPA telah memenuhi baku mutu lingkungan. Air lindi TPA Sampah Kota Pekanbaru belum dinyatakan layak sesuai dengan baku mutu lingkungan. Oleh karena kualitas air lindi belum memenuhi baku mutu lingkungan maka tidak disarankan untuk dibuang ke badan air dan perlu adanya pengolahan yang lebih optimal. Perlu dilakukan analisis kualitas air lindi pada musim kemarau karena akan berpengaruh terhadap beban pencemar yang terkandung di dalam air lindi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian dan penulisan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrori, T. Kumalaningsih, S. Effendi, M. 2015. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Horizontal*. Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Afif, F. Erly. Endrinaldi. 2015. Identifikasi Bakteri *Escherichia Coli* pada Air Minum Isi Ulang yang Diproduksi Depot Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Padang Selatan. *Jurnal Kesehatan Andalas* 4(2): 376-380.
- Agustini, S. 2010. *Pengembangan Rancangan PIKAB (Pasir, Ijuk, Kerikil, Arang, dan Batu)*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Alaerts, G dan Sri Simestri Santika. 1987. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Ashanur, J. Zaman, B. Samudro, G. 2011. *Studi Pengaruh Debit Terhadap Penurunan Amonia-Nitrogen dan COD Dalam Air Lindi Melalui Proses Anaerob-Aerob Menggunakan Media Terlekat*. Jurusan Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Basmal, J. 2011. *Studi Penambahan Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam Proses Koagulasi Limbah Cair pada Produksi Alkali Treated Cottonii (ATG)*. Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur. Jakarta: Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan.
- Budiono, H. Harlis. Budiarti, R.S. 2012. *Analisis Ambang Batas Escherichia coli Sebagai Indikator Pencemaran Pada Daging Sapi di Rumah Pemotongan Hewan Kota Jambi*. Program studi Biologi. FKIP. Universitas Jambi. Jambi
- Bulson, P.C., D.L. Johnstone, H.L. Gibbons, & W. H. Funk. 1984. Removal and Inactivation of Bacteria During Alum Treatment of A Lake. *Journal Applied and Environmental Microbiology* 48(2): 425-430.
- Damanhuri, E. 2008. *Diktat Landfilling Limbah*. Jurusan Teknik Lingkungan. ITB. Bandung.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Yogyakarta: Kanisius.
- Endang, W. 2001. Substrat Khromogenik-Fluorogrnik Pada Uji Cemar Koli Dalam Air. *Unitas. Jurnal Ilmiah Indonesia* 9 (2): 44-56.
- Feachem, R. G, D.J. Bradley, Garelick, H, and Mara, D.D. 1983. *Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management*. John Wiley & Sons. Chichester, U.K
- Fahrudin. A. 1989. *Pengaruh Sampah di TPA Dago, Kotamadia Bandung Terhadap Kualitas Air Tanah Bebas di sekitarnya*. [Tesis]. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- IPB, 1992. *Limnologi*. Metoda Analisa Kualitas Air Edisi I. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. 120 Hal.
- Isyuniarto. Widdi, U. Agus, P. 2007. *Degradasi Limbah Cair Industri Kertas Menggunakan Oksidan Ozon dan Kapur*. Prosiding PPI – PDIPTN Pustek Akselerator dan Proses Bahan BATAN ISSN 0216-3128. Yogyakarta.
- Jatmiko, A. 2007. *Hubungan Kualitas Air Selokan Ngenden Desa Gumpang Kartasura Sukoharjo Dengan Air Sumur Penduduk Sekitar*. [Skripsi]. Jurusan Biologi. FMIPA. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Karamah, E. F. 2009. *Pralakuan Koagulasi dalam Proses Pengolahan Air dengan Membran: Pengaruh Waktu Pengadukan Pelan Koagulan Aluminium Sulfat Terhadap Kinerja Membran*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003, *Baku Mutu Air Limbah Domestik*, Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Jakarta.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum. TT. *Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Jakarta.
- Khamid, M.A dan Surahma A.M. 2012. Identifikasi Bakteri Aerob Pada Lindi Hasil Sampah Dapur di Dusun Sukunan Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* Vol. 6 (1-74). Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan. Yogyakarta.
- Kusuma, A.I. Pandebesie. E.S. Warmadewanthi. 2012. *Pengaruh Resirkulasi Lindi Terhadap laju Degradasi sampah TPA Kupang, Jabon, Sidoarjo*. Jurusan Teknik Lingkungan. ITS. Surabaya.

- McKinnon, M. 2011. *Optimal Water Quality Values For Aquatic Ecosystem*. Washington State Department of Ecology. USA.
- Nayono, S. E. 2010. *Metoda Pengolahan Air Limbah Alternatif Untuk Negara Berkembang*. Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI. 2010. Permenkes RI No.492/MENKES/PER/ IV/2010. *Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Depkes RI, Jakarta.
- Pitriani, Daud. A, Jafar. N. 2014. *Efektivitas Penambahan EM4 Pada Biofilter Anaerob-Aerob Dalam Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit UNHAS*.
- Prasetyo. J. E. 2013. *Perbandingan Penggunaan Arang Aktif Kulit Kacang Tanah- Reaktor Biosand Filter dan Mn-Zeolit Reaktor Biosand Filter Untuk Menurunkan Kadar COD dan BOD dalam Air Limbah Industri Farmasi*. [Skripsi]. Jurusan Kimia. FMIPA. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Purwanta, W. 2007. Tinjauan Teknologi Pengolahan Leachate di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Perkotaan. *Jurnal Air Indonesia* Vol. 1(3). Pusat Teknologi Lingkungan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Jakarta.
- Rahayu, B. S. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Rahmi, E, Agustina. D dan Jamin. F. 2014. Isolasi dan Identifikasi genus Salmonella dan Shigella dari Feses Orangutan Sumatera (Pongo abelii) di Pusat eintroduksi Orangutan, Jantho. *Jurnal Medika Veterinaria* Vol. 8 (1-4). Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Raharjo. P. N. 2009. Studi banding teknologi pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 10(1):9-18.
- Rosyidi, M. B. Shovitri, M. Nurhatika, S. 2010. *Pengaruh Breakpoint Chlorination (BPC) Terhadap Jumlah Bakteri Koliform Dari Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Sidoarjo*. Jurusan Biologi. FMIPA. ITS. Surabaya.
- Said, N. I. Marsidi. R. 2005. Mikroorganisme Patogen dan Parasit di Dalam Air Limbah Domestik Serta Alternatif Teknologi Pengolahan. *Jurnal Air Indonesia* Vol. 1 (1). Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT. Jakarta.
- Sani, E. Y. 2006. *Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat dan Aerob*. [Tesis]. Program Magister Ilmu Lingkungan. Program Pascasarjana. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sarjono. 2005. *Uji Kemampuan Media Saring Pantai Vertikal Untuk Meningkatkan Mutu Sumber Air Industri Pengolahan Tahu*. Fakultas Pertanian. Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Sari, N. R. Sunarto. Wiryanto. 2015. Analisis Komparasi Kualitas Air Limbah Domestik Berdasarkan Parameter Biologi, Fisika dan Kimia di IPAL Semanggi dan IPAL Mojongsongo Surakarta. *Jurnal Ekosains* 7 (2) : 62-74.
- Schlegel, H.G. Schmidt, K. 1994. *Mikrobiologi Umum*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Siegrist, J. 2009. Differentiation and Identification Media for Salmonella. *Journal Microbiology Focus* Vol. 1(3). 2-7.
- Sudarmadji, S. 1984. *Prosedur Analisis Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty Press. Yogyakarta.
- Sugiharto, 1987. *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta.
- Suhartini. 2008. *Pengaruh Keberadaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Piyungan Terhadap Kualitas Air Sumur Penduduk di Sekitarnya*. Jurusan Pendidikan Biologi. FMIPA. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Susanto J.P, Genefati S.P, Muryani S, dan Istiqomah. 2008. Pengolahan Lindi (*Leachate*) dari TPA dengan Sistem Koagulasi - Biofilter Anaerobik. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol. 9 No. 2.
- Uygur, A. Kargi, F. 2004. Biological Nutrient Removal from Pretreated Landfill Leachate in a Sequencing Batch Reactor. *Journal of Environmental Management*.
- Zhang, X.J, Wang, J., Burken, J.G. and Surampalli, R. 2005. "Engineering Struvite Precipitation: Impact of Component-Ion Molar Ratios and pH", *Journal of Environmental Engineering*.