

## EVALUASI DAN PENETAPAN TINGKAT PENCEMARAN EFLUEN INSTALASI PENGOLAHAN LUMPUR TINJA MENGGUNAKAN METODE INDEKS PENCEMARAN (IP)

### *The Evaluation and Determination of the Pollution Effluent Level Of The Septage Treatment Plant Using Pollution Index Methods*

Fitrijani Anggraini<sup>1</sup>, Reni Nuraeni<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman

Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Jl. Panyawungan, Cileunyi Wetan - Kabupaten Bandung 40393

Surel: <sup>1</sup>fitrijania@yahoo.com, <sup>2</sup>reninur24@gmail.com

Diterima : 27 Mei 2015; Disetujui : 12 Maret 2016

#### **Abstrak**

Lumpur tinja mengandung banyak unsur yang berbahaya bagi kehidupan masyarakat dan lingkungan permukiman. Di sisi lain, kinerja sistem Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) menghasilkan kualitas efluen lumpur tinja yang belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Kegiatan ini merupakan kajian terhadap operasional IPLT yang sudah dibangun di beberapa tempat, melalui monitoring dan evaluasi terhadap debit dan kualitas air instalasi tersebut. Kajian ini ditujukan untuk menilai dan menetapkan tingkat pencemaran kualitas efluen limbah tinja di 8 (delapan) IPLT kota studi terpilih. Contoh limbah diambil dari 3 unit IPLT yang berbeda yaitu kolam anaerobik, kolam fakultatif dan kolam maturasi. Penilaian dilakukan terhadap kualitas dan laju beban pencemaran dengan menggunakan Metode Indeks Pencemaran (IP) dan pengembangannya dengan membandingkan parameter beban pencemaran dengan standar efluen. Hasil kajian menyimpulkan bahwa (1) Sebagian besar (62,5%) efluen IPLT kota studi termasuk kategori cemar ringan, dan sisanya sebesar 37,5% termasuk kategori cemar sedang; (2) Adanya masalah dalam pengoperasian dan pemeliharaan IPLT kota studi; (3) Upaya mengurangi kapasitas IPLT yang tidak terpakai (*idle capacity*) harus didahului perbaikan kinerja IPLT karena apabila tidak dilakukan perbaikan, maka potensi pencemaran lingkungan semakin besar.

**Kata Kunci** : Efluen IPLT, permukiman, indeks pencemaran, indeks laju beban pencemaran, *idle capacity*

#### **Abstract**

The Sludge contains many of elements can be dangerous for public life and housing environment. On the other side, the performance of system septage treatment plant (IPLT) has produce a quality effluent sludge beneath the standards quality. This activity is an operational assessment of the septage treatment plant that already built in several places, through monitoring and evaluation of the water quality discharge and installation. The assessment aims to determine the level effluent quality of sludge contamination in 8 (eight) selected septage treatment plant cities. Samples of waste was taken from three different septage treatment plant units which is an anaerobic, facultative basin and maturation basin. Assessment had carried out to the quality and rate of the pollution load by using Method of Index Pollution (IP) and development is to compare parameters of the pollution load with the standard of effluent. The results of assessment concluded that is (1) Most of 62.5% effluent in studied installations cities was included light blackened category, and the rest 37.5% was medium pollutants; (2) There still is a problem in the operation and maintenance of the studied septage treatment plant; (3) an attempt to reduce the capacity of septage treatment plant that unused (*idle capacity*), there should be preceded by an improvements on unit performance because if there is no improvement environmental pollution will be higher.

**Keywords** : Effluent IPLT, settlements, pollution index, pollution load index, *idle capacity*

#### **PENDAHULUAN**

Tangki septik dan cubluk adalah bangunan pengolah limbah yang dibangun di pekarangan rumah pemiliknya. Bangunan cubluk hanya layak dibangun di daerah-daerah dengan muka air tanah

dalam atau jauh di bawah permukaan tanah. Keadaan ini diperlukan untuk mencegah terjadinya pencemaran air tanah yang berasal dari tinja yang terkumpul di dasar cubluk. Sementara itu, sebagian besar permukiman perkotaan di Indonesia terletak

di kawasan pantai atau kawasan dimana muka air dekat dengan permukaan tanah. Pada keadaan demikian dan dengan langkanya pelayanan sistem terpusat, maka peran sistem tangki septik dalam pengelolaan kualitas lingkungan menjadi penting. Untuk menjaga efektifitas tangki septik dalam mereduksi beban cemaran perlu dilakukan pengosongan lumpur tinja yang terakumulasi di dalam tangki septik secara regular.

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) berfungsi mengolah lumpur tinja yang dikirim dari tangki septik. Efluen hasil olahan IPLT seperti halnya dengan efluen tangki septik, dialirkan ke media lingkungan. Untuk memastikan apakah kondisi lingkungan tetap bersih dan sehat, diperlukan pemantauan dan evaluasi yang disertai dengan tindakan pencegahan pencemaran potensial. Idealnya, pemantauan kondisi lingkungan tangki septik dan IPLT dilakukan secara regular terhadap air sumur penduduk dan badan-badan air penyedia sumber air minum penduduk (Pamekas, 2013).

Pola pemantauan dan evaluasi kualitas air limbah termasuk limbah tinja, menjadi masalah utama penurunan kualitas lingkungan. Frekuensi pemantauan, jumlah parameter yang dianalisis, kecepatan dan kemudahan analisis, jumlah dan lokasi sampling adalah beberapa faktor yang berpengaruh pada kualitas hasil pemantauan dan akhirnya pada kualitas pengambilan keputusan.

Penelitian dan pengembangan di bidang pengendalian pencemaran sudah sangat maju dan telah menghasilkan berbagai alat (*instrument*) pemantauan. Namun, penggunaan alat yang dihasilkan oleh para peneliti masih sangat langka karena keterbatasan pengetahuan pengguna, kemudahan penggunaan alat, alokasi biaya pemantauan dan ketentuan perundangan yang berlaku. Kajian ini ditujukan untuk menjelaskan kemudahan penerapan metode Indeks Pencemaran dalam memantau efluen IPLT (KLH, 2003).

Penggunaan metode dan teknik pemantauan kualitas di sumber air (*stream*) maupun di sumber pencemaran (*efluen*) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) telah berkembang mulai dari pendekatan sederhana sampai pendekatan yang kompleks. Analisis deskriptif semula banyak dipakai oleh para peneliti untuk menjelaskan fenomena yang berhubungan dengan pencemaran yang semakin meningkat. Kesulitan interpretasi hasil analisis terhadap banyak parameter kualitas air telah menjadi dasar pengembangan Indeks Kualitas Air (IKA) atau *Water Quality Index* (WQI). IKA atau WQA adalah agregasi dari sekian banyak parameter menjadi satu angka variabel kualitas sumber air atau air limbah.

Persamaan umum IKA atau WQI adalah: (Khwakaram, dkk, 2015)

$$WQI = \sum Q_i \cdot W_i / \sum W_i \dots\dots\dots (1)$$

dimana,  
 $Q_i$  : nilai (rating) parameter ke-i dari sejumlah n parameter kualitas air yang diperiksa.  
 $SQ_i$  :  $(C_i/S_i) \times 100$ , kecuali Q untuk parameter *Dissolved Oxygen* (DO) dihitung dengan persamaan (2) berikut ini:

$$Q_{DO} = (C_i - V_i)/(S_i - V_i) \dots\dots\dots (2)$$

dimana,  
 $C_i$  : nilai parameter ke-i hasil laboratorium  
 $V_i$  : adalah nilai ideal DO.  
 $W_i$  : bobot relatif parameter ke-i dan dihitung dengan persamaan  $W_i=1/S_i$

Penggunaan IKA atau WQI mempermudah para pengambil keputusan untuk menentukan tindak lanjut penanganan sumber air atau sumber pencemaran air yang terindikasi semakin buruk kondisinya. Dari sebanyak 15 (lima belas) artikel terkini yang dikaji, sebanyak dua pertiga dari total artikel membahas hasil pemantauan di sumber air sedangkan sepertiga sisanya membahas hasil pemantauan di sumber pencemaran air. Ruang lingkup pembahasan bervariasi dari satu artikel dengan artikel lain. Variasi pembahasan dibedakan berdasarkan penggunaan metode, jumlah dan jenis parameter, lokasi pengambilan sampel, pola pemantauan dan lain-lain.

Pembahasan hasil pemantauan dengan menggunakan metode deskriptif dilakukan oleh Sahu dan Sohoni (2014) terhadap 10 (sepuluh) parameter kualitas air bersih; Popa dkk. (2012) terhadap 7 (tujuh) parameter terkait kegiatan industri dan Rustam (2010) terhadap 14 (empat belas) parameter terkait kegiatan perikanan pesisir. Ketiga penelitian tersebut tidak menggunakan pendekatan indeks untuk acuan pemantauan sehingga hasilnya terbatas.

Pembahasan hasil penelitian dengan menggunakan WQI antara lain dilakukan oleh Donia (2011) untuk menilai kelayakan peruntukan air danau bagi keperluan rekreasi dan perikanan kemudian hasilnya disajikan dalam peta spasial; Etim dkk. (2013), memantau kondisi kualitas air dari berbagai sumber air minum yaitu air sumur pipa, sumur bor dalam dan sungai; Rokade dan Naikwade (2014) memantau pencemaran limbah industri terhadap sumber air minum penduduk yang tinggal di kawasan industri; Simonpeter and Peter (2015) memantau potensi pencemaran efluen instalasi pengolahan air limbah (IPAL) terpusat dan pengembangan model untuk

penetapan pilihan penggunaan kembali (*reuse*) hasil olahan. Agbozu dan Le (2013) menggunakan WQI untuk memantau kualitas efluen IPAL dan Khwakaram dkk. (2015) menggunakan WQI untuk menilai kelayakan sumber air untuk irigasi dan air minum unggas serta memperkirakan kemampuan pengolahan sumber air secara alami (*self purification*).

Pengembangan WQI juga telah dilakukan melalui berbagai penelitian. Raman dkk (2009); Mourhir dkk (2014) serta Dzwauro dan Otieno (2014), menambahkan *fuzzy logic inference system* kedalam proses analisis WQI untuk memantau kualitas air sungai. Khambete dan Christian (2014), selain menggunakan *fuzzy logic*, menambahkan analisis korelasi dan metode "*Multi Criteria Decision Making (MCDM)*" untuk memantau kualitas air olahan Instalasi Pengolahan Air Limbah.

Penggunaan pendekatan Indeks selain dengan WQI tersebut dimuka, dilakukan pula dengan metode analisis faktor oleh Coletti dkk (2010), metode "*Extended Statistical Entropy Analysis*" dan "*Benchmarking Simulation Model-2*" oleh Sobañtka dkk (2014) untuk memantau kualitas hasil olahan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pemantauan kualitas hasil olahan IPAL, selain menggunakan pendekatan indeks dan GIS, dilakukan pula dengan menggunakan alat sensor dan mengirim datanya melalui alat *transmitter* dan *receiver* oleh Adarsh dkk. (2014).

Penggunaan pendekatan indeks untuk pemantauan kondisi kualitas sumber air maupun sumber pencemaran dapat pula dikembangkan untuk mengidentifikasi faktor penyebab perubahan yang terjadi terhadap parameter-parameter tertentu seperti dikatakan oleh Ravikumar dkk. (2013).

Penelitian-penelitian tersebut memberi gambaran bahwa pendekatan Indeks untuk instrumen pemantauan dan evaluasi kualitas sumber air maupun sumber pencemar sudah cukup berkembang. Kajian ini tidak menggunakan WQI tetapi menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) seperti dilakukan oleh Agustiniingsih dkk. (2012); Guan dkk. (2014). Perbedaannya adalah bahwa kajian ini tidak untuk menilai status sumber air atau menilai pencemaran logam berat, melainkan menggunakan IP untuk menentukan tingkat pencemaran efluen IPLT berdasarkan parameter maupun laju beban pencemaran air.

**METODE**

Pengambilan sampel limbah tinja merupakan bagian dari kegiatan Pengkajian Prasarana Sanitasi Permukiman, Tahun Anggaran 2014. Dalam penelitian tersebut diukur terhadap 6 (enam)

parameter kualitas air yaitu *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, pH, minyak dan lemak, *E. coli*, *Total Suspended Solids (TSS)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)*. Data primer didapatkan dengan melakukan pengamatan dan pengambilan sampel secara langsung kemudian dilanjutkan dengan analisis di laboratorium.

Lokasi survei pengambilan data mewakili berbagai kondisi IPLT di Indonesia. Data diambil dari 8 (delapan) IPLT kota studi sebagai berikut: (1) IPLT Takmung, Kabupaten Klungkung, wilayah timur yang telah direhabilitasi; (2) IPLT Bengkala, Kabupaten Buleleng, wilayah timur yang telah direhabilitasi; (3) IPLT Talise, Kota Palu, wilayah Sulawesi yang telah direhabilitasi; (4) IPLT Gampong Jawa, Kota Banda Aceh, wilayah Sumatera yang beroperasi optimal; (5) IPLT Banyuroto, Kabupaten Kulonprogo, baru direhabilitasi; (6) IPLT Mojosari, Kabupaten Mojokerto, wilayah Pulau Jawa yang beroperasi secara optimal; (7) IPLT Muararejo, Kota Tegal, wilayah Pulau Jawa yang beroperasi tidak optimal; (8) IPLT Bawang, Kota Tangerang, wilayah Banten yang beroperasi secara optimal.

Hasil pemeriksaan laboratorium terhadap output Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) digunakan sebagai acuan untuk penilaian atau evaluasi terhadap tingkat pencemaran limbah tinja yang telah direduksi bebannya. Pertanyaan penelitian evaluasi yang dikaji adalah sebagai berikut:

- a) Apakah limbah tinja hasil olahan IPLT sudah aman untuk dibuang ke lingkungan di sekitarnya?
- b) Seberapa besar laju beban pencemaran yang diolah di IPLT?
- c) Bagaimana menetapkan kriteria untuk menilai tingkatan pencemaran berdasarkan laju beban cemaran?
- d) Bagaimana hubungan antara kualitas limbah tinja hasil olahan IPLT dengan laju beban cemaran yang diolah di IPLT?

Untuk menjawab pertanyaan penelitian pertama, digunakan formula atau persamaan yang merupakan pengembangan dari Pedoman pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 tahun 2003, berikut ini:

$$Pl_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})^2_M + (C_i/L_{ij})^2_R}{2}} \dots\dots\dots (3)$$

dimana,  
 Plj : Indeks Pencemaran/IP (*Pollution Index*) ke-j  
 Ci : Parameter beban pencemaran hasil analisis laboratorium ke-i

- L<sub>ij</sub> : Standar efluen parameter ke-i untuk contoh ke-j  
 I : Jumlah parameter contoh yang diperiksa di laboratorium  
 J : Jumlah contoh limbah tinja yang diukur

Dengan catatan bahwa:

- a) Apabila nilai  $(C_i/L_{ij}) < 1,0$  maka digunakan  $(C_i/L_{fc})_{\text{hasil ukur}}$   
 b) Apabila nilai  $(C_i/L_{ij}) > 1,0$ , maka dihitung  $(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = 1,0 + P \text{ Log } (C_i/L_{ij})_{\text{hasil ukur}}$

dimana, P adalah konstanta yang nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan (biasanya digunakan nilai = 5).

Hubungan Indeks Pencemaran dengan lingkungan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 tahun 2003, adalah sebagai berikut:

Nilai P<sub>ij</sub>:

- $0,00 \leq P_{ij} \leq 1,00$  : Kondisi Baik (memenuhi baku mutu) atau relatif aman untuk dialirkan ke lingkungan  
 $1,00 < P_{ij} \leq 5,00$  : Cemar Ringan atau kurang aman bila hasil olahan dialirkan ke lingkungan  
 $5,00 < P_{ij} \leq 10,00$  : Cemar Sedang atau belum aman untuk dialirkan ke lingkungan  
 $P_{ij} > 10,00$  : Cemar Berat atau tidak aman bila dialirkan ke lingkungan

Untuk menjawab pertanyaan kedua tentang Indeks Laju Beban Pencemaran, digunakan persamaan no (1) tersebut di atas. C<sub>i</sub> adalah laju beban cemaran berdasarkan kualitas hasil ukur dalam g/hari, sedangkan L<sub>ij</sub> adalah laju beban cemaran berdasarkan persyaratan standar. Laju beban cemaran dihitung dengan persamaan (4) dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, berikut ini:

$$LBC_j = Q_j \cdot Le_{ij} \dots\dots\dots (4)$$

dimana,

- LBC<sub>j</sub> : Laju Beban Cemaran (g/hari)  
 Q<sub>j</sub> : Volume limbah tinja yang diolah (m<sup>3</sup>/hari)  
 Le<sub>ij</sub> : Kualitas Limbah tinja hasil olahan (mg/l)

Untuk menjawab pertanyaan ketiga, angka digunakan nilai rata rata, nilai minimum dan nilai

maksimum hasil perhitungan IP yang dihitung berdasarkan laju beban cemaran dan hasilnya dibandingkan dengan IP kualitas limbah tinja hasil olahan.

Untuk menjawab pertanyaan keempat, digunakan persamaan regresi sederhana dengan IP kualitas hasil olahan sebagai variabel yang berubah, sedangkan indeks laju beban cemaran sebagai variabel peubah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Sistem IPLT di Lokasi Studi

Sistem IPLT di lokasi studi mempunyai kondisi bervariasi karena dipengaruhi oleh pola dan tata cara pengoperasian serta pemeliharaan komponen-komponen sistem IPLT. Sebagai contoh, sistem IPLT Muararejo Kota Tegal termasuk kategori sedang dan kecil dengan kapasitas IPLT < 100 m<sup>3</sup>/hari. Namun, kapasitas terpakai masih kurang dari 50% kapasitas terpasang atau pemanfaatan kapasitas terpasang belum optimum. Beban pencemaran organik yang berasal dari baku lumpur tinja yang diolah termasuk kategori ringan karena angka COD < 10.000 mg/l, kecuali COD lumpur tinja Kulonprogo > 10.000 mg/l. Namun, beban nonorganik di hampir semua lokasi studi, kecuali yang berasal dari Kota Tegal, termasuk kategori berat karena melebihi standar perencanaan yaitu 15.000 mg/l TSS. Dengan demikian, beban terberat sistem IPLT disebabkan oleh TSS. Efisiensi pengurangan beban organik umumnya > 90%, sedangkan TSS sekitar 50%. Dengan demikian, efluen sistem IPLT sudah sesuai dengan standar kriteria perencanaan.

### Kualitas Hasil Olahan Limbah Tinja

Hasil pemeriksaan contoh hasil olahan limbah tinja dari 8 (delapan) IPLT kota studi dan dari titik sampling yang berbeda, dirangkum pada Tabel 1 (Puslitbangkim, 2014). Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kondisi pH limbah hasil olahan dari seluruh IPLT berada pada kisaran standar efluen yang ditetapkan. Hanya satu IPLT yang memiliki kandungan lemak dan minyak diatas ambang batas yaitu IPLT Tangerang. Sebanyak 3 (tiga) IPLT belum memenuhi standar parameter BOD yaitu IPLT Klungkung, IPLT Banda Aceh dan IPLT Kulonprogo. Semua hasil olahan IPLT kota studi belum memenuhi standar COD dan lebih dari 50% IPLT belum memenuhi standar TSS.

**Tabel 1** Data Karakteristik Efluen Olahan Limbah Tinja

Parameter	BOD (mg/l)	pH	Minyak & Lemak (mg/l)	E. coli (MPN/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	Titik Sampling
Standar	40	6-9	10	2000	100	100	
Kota Studi							
Tegal	24,48	7	0	11000	20,0	96,0	Kolam Maturasi
Palu	37,98	8,01	0	0	281,0	126,6	Kolam Anaerob
Klungkung	186,6	7,73	0	1600	38,4	298,4	Kolam Fakultatif
Buleleng	76,28	7,83	7,65	920	32,4	136,2	Kolam Anaerob
Mojokerto	42,31	7.61	3,3	1,8	102,5	97,0	Kolam Maturasi
Banda Aceh	106,66		3,2	97900	511,0	190,46	Kolam Maturasi
Tangerang	63	7,1	16,6	93000	147,0	182,0	Kolam Maturasi
Kulonprogo	240,2	6,93	10	0	330,0	587,5	Kolam Fakultatif

*Baku mutu air limbah domestik yang diizinkan sesuai Permen LH No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*

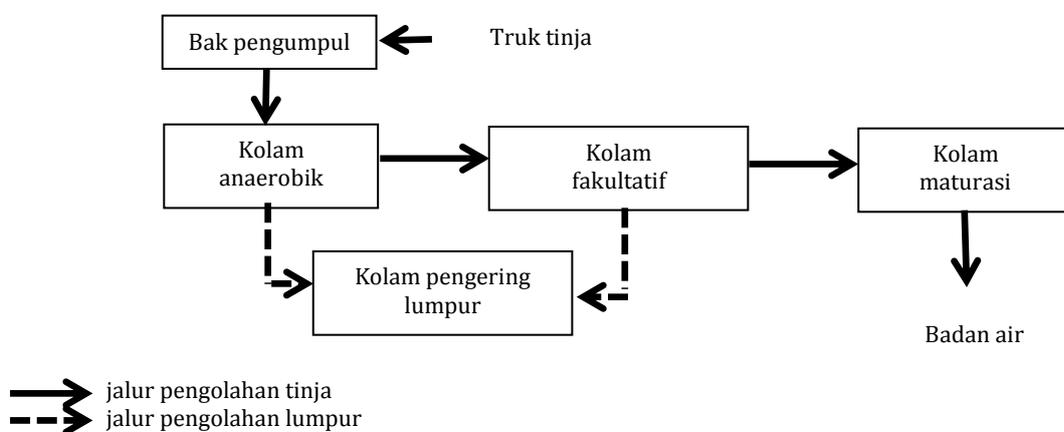
*Sumber : Hasil Analisa, 2014.*

Dengan membaca hasil analisis laboratorium saja, masih sulit untuk menarik kesimpulan tentang hasil olahan IPLT yang termasuk kategori aman dan dapat diterima oleh badan air penerimanya. Peruntukan air di masing-masing badan air penerima juga berbeda. Oleh karena itu, standar kualitas air menjadi berbeda untuk peruntukan yang berbeda. Kualitas air peruntukan untuk Air Baku air minum mempunyai standar paling ketat bila dibandingkan dengan peruntukan irigasi, perikanan, industri, transportasi dan lain-lain.

Keberadaan indikator-indikator tersebut dan dengan laju pencemaran yang berlebihan setiap

harinya menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut dalam air, tertutupnya permukaan air oleh minyak dan lemak dan menambah jumlah kepekatan padatan oleh TSS dan memperbesar potensi tertular oleh bakteri penyakit kepada manusia.

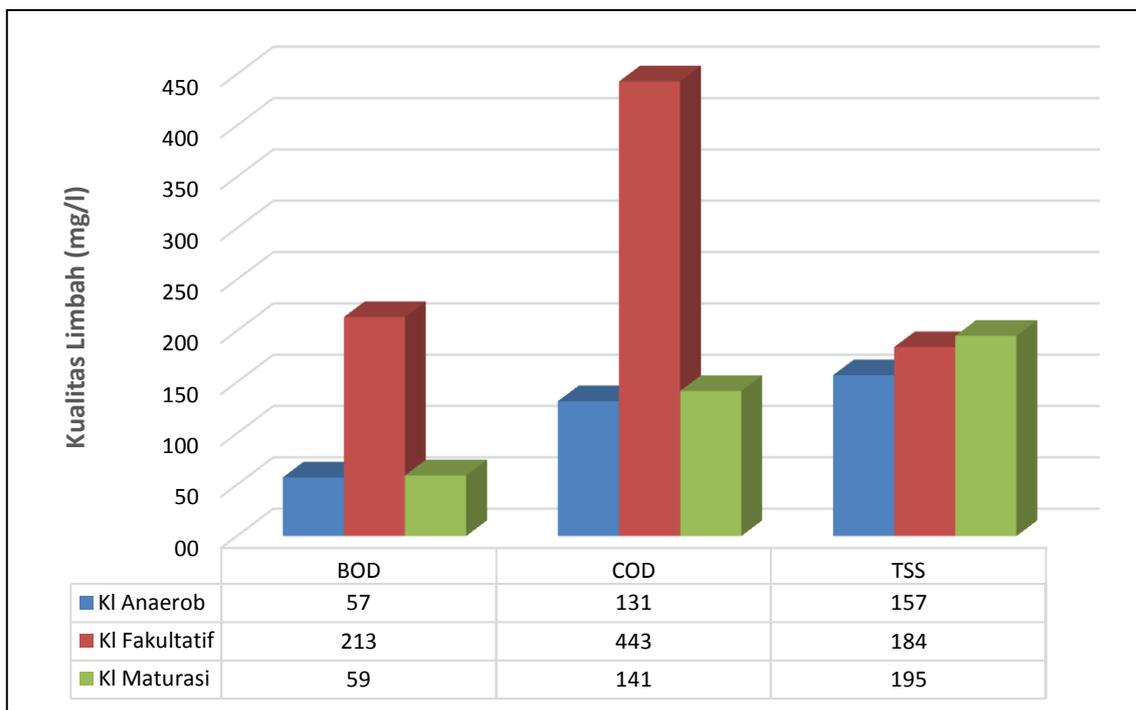
Sebuah IPLT, pada umumnya terdiri dari beberapa kolam yaitu (1) kolam pengumpul, (2) kolam anaerobik, (3) kolam fakultatif, (4) kolam maturasi dan (5) kolam pengering lumpur, dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini :



**Gambar 1** Diagram Alir Pengoperasian IPLT

Pengamatan hasil olahan limbah tinja yang diambil dari titik sampling berdasarkan tahapan proses pengolahan, juga tidak mudah. Pengamatan yang dilakukan terhadap nilai rata-rata parameter BOD, COD dan TSS di kolam anaerobik, kolam fakultatif dan kolam maturasi menghasilkan angka yang

tidak menentu (Gambar 2). Nilai BOD meningkat di kolam fakultatif dan menurun kembali di kolam maturasi. Tetapi nilai BOD di kolam maturasi lebih tinggi dari nilai BOD di kolam anaerobik (Gambar 2).



**Gambar 2** Kualitas Limbah Tinja pada Kolam Anaerobik, Fakultatif dan Maturasi

Nilai COD mempunyai kecenderungan yang serupa dengan BOD yaitu meningkat di kolam fakultatif dan menurun kembali di kolam maturasi. Nilai TSS cenderung meningkat dari kolam anaerobik sampai dengan kolam maturasi.

Pola yang terjadi tidak sesuai dengan teori. Seharusnya kualitas olahan limbah tinja yang diambil dari outlet kolam anaerobik, lebih buruk dari pada kualitas olahan yang diambil dari outlet kolam fakultatif maupun kolam maturasi. Kualitas hasil olahan semakin membaik ke arah akhir pengolahan karena setiap unit pengolahan memiliki kemampuan mereduksi beban limbah yang masuk ke dalamnya.

Fakta tersebut memberi bukti bahwa penetapan status aman terhadap setiap parameter kualitas limbah tinja, sulit dilakukan. Pengambilan keputusan terhadap 8 (delapan) lokasi dan 6 (enam) parameter karakteristik limbah tinja kemungkinan juga sulit dilakukan.

Dengan demikian, sulit dilakukan penilaian tingkat keamanan limbah tinja apabila hanya berdasarkan pengamatan terhadap hasil analisis laboratorium saja. Oleh karena itu, debit lumpur tinja yang diolah ( $m^3/hari$ ) dan baku mutu limbah tinja ( $mg/Liter$ ) harus dipertimbangkan pula dalam penilaian.

Untuk Kota Tangerang, debit lumpur tinja yang masuk ke IPLT setiap hari melebihi kapasitas pengolahan IPLT sebesar  $47 m^3/hari$  atau sebesar 67% (debit yang masuk  $117 m^3/hari$  sementara kapasitas pengolahan  $70 m^3/hari$ ). Hal ini menyebabkan proses pengolahan di IPLT tidak berjalan secara optimal, yang mempengaruhi karakteristik efluen hasil pengolahan.

Proses pengolahan lumpur tinja di IPLT Tegal, Mojokerto, dan Banda Aceh dapat diindikasikan tidak berjalan dengan baik, karena meskipun lumpur tinja yang masuk setiap hari di bawah kapasitas pengolahan, namun kualitas efluen tergolong kategori cemar ringan dan sedang.

### Laju Beban Pencemaran Limbah Tinja

Beban pencemaran limbah tinja diukur terhadap 6 (enam) parameter karakteristik air limbah yaitu BOD, COD, pH, minyak dan lemak, TSS, dan E. coli. Menurut Patil dan Deshmukh (2012), BOD dan COD adalah indikator pencemaran bahan organik yang merupakan indikator kunci untuk mengukur kesehatan lingkungan pada penyediaan air bersih. BOD dan COD merupakan parameter utama pencemaran air limbah. BOD menjelaskan banyaknya oksigen terlarut dalam air yang dibutuhkan oleh material organik untuk proses dekomposisi secara biokimia. COD menjelaskan banyaknya oksigen terlarut dalam air yang dibutuhkan untuk terjadinya oksidasi kimiawi material organik dalam air.

Minyak dan lemak adalah indikator bahan organik yang tidak dapat larut dalam air. TSS adalah indikator bahan anorganik yang dapat tersuspensi dalam air. Kedua parameter ini adalah indikator untuk menentukan kebutuhan proses pengolahan air bersih maupun air limbah.

Bakteri E. coli adalah indikator kehadiran bakteri penyakit dalam air tawar. Bakteri E. coli adalah komponen yang biasa terdapat di dalam kotoran manusia (tinja). Komponen tersebut dapat terkandung dalam material tinja. Organisme penyebab infeksi atau penyakit akibat bakteri penyakit seringkali terkandung di dalam kotoran manusia (tinja).

Tabel 2 menunjukkan hasil analisis laju beban pencemaran limbah IPLT di kota studi pada 3 (tiga) titik sampling yang berbeda. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa potensi pencemaran lingkungan dari bakteri E. coli terindikasi dari IPLT Tegal, IPLT Banda Aceh dan IPLT Tangerang. Potensi pencemaran parameter BOD terindikasi berasal dari IPLT Banda Aceh, IPLT Tangerang dan IPLT Kulonprogo. Potensi pencemaran minyak dan lemak terindikasi berasal dari IPLT Tangerang. Potensi pencemaran parameter TSS terindikasi berasal dari IPLT Banda Aceh, IPLT Tangerang dan IPLT Kulonprogo. Potensi pencemaran parameter COD terindikasi berasal dari IPLT Tangerang dan Kulonprogo.

Dengan demikian, lingkungan keairan 4 (empat) kota studi yaitu Kota Palu, Kota Klungkung, Kota Buleleng dan Kota Mojokerto relatif aman terhadap pencemaran yang berasal dari parameter BOD, minyak dan lemak, E. coli, TSS dan COD. Namun, 4 (empat) kota studi lainnya termasuk kategori rawan pencemaran.

Kota Tegal rawan terhadap pencemaran bakteri E. coli yang dapat memicu timbulnya penyakit yang ditularkan melalui media air. Kota Banda Aceh rawan terhadap pencemaran BOD, E. coli dan TSS. Kota Tangerang rawan terhadap pencemaran seluruh parameter yang dinilai yaitu BOD, minyak dan lemak, E. coli, TSS serta COD. Kota Kulonprogo rawan terhadap pencemaran BOD, TSS dan COD.

**Tabel 2** Laju Beban Pencemaran Limbah Tinja (g/hari)

Parameter	BOD	Minyak & Lemak	E. coli	TSS	COD	Titik Sampling
Standar	876,0	219,0	43800,0	2190,0	2190,0	
Kota Studi						
Tegal	220,3	0,0	99000,0	180,0	864,0	Kolam Maturasi
Palu	170,9	0,0	0,0	1264,5	569,7	Kolam Anaerob
Klungkung	279,9	0,0	2400,0	57,6	447,6	Kolam Fakultatif
Buleleng	457,7	45,9	5520,0	194,7	817,3	Kolam Anaerob
Mojokerto	177,7	0,0	0,0	430,7	407,6	Kolam Maturasi
Banda Aceh	2666,5	80,0	2,4 x 10 <sup>6</sup>	12775,0	4761,61	Kolam Maturasi
Tangerang	7371,0	1942,2	10,88 x 10 <sup>6</sup>	17199,0	21294,0	Kolam Maturasi
Kulonprogo	1921,6	80,0	0,0	2640,0	4700,0	Kolam Fakultatif

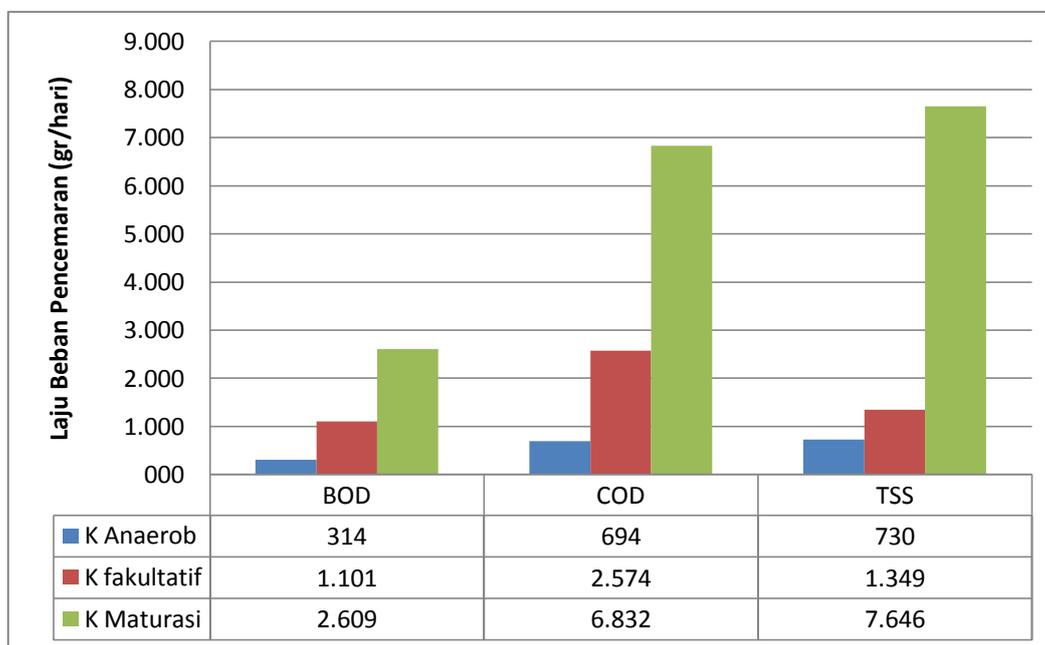
Hasil analisis terhadap laju beban pencemaran BOD, COD dan TSS rata-rata di tiga unit proses IPLT yaitu kolam anaerobik (kolam pertama setelah tangki Imhoff atau bak pengendap), kolam

fakultatif (kolam kedua setelah kolam anaerobik) dan kolam maturasi atau unit bangunan IPLT setelah kolam fakultatif, disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 3.

**Tabel 3** Laju Beban Pencemaran Limbah Tinja (g/hari) Pada Tiap Unit Bangunan IPLT

Unit Bangunan IPLT	Parameter Air Limbah (g/hari)		
	BOD	COD	TSS
Kolam Anaerob	314,30	693,5	729,6
Kolam Fakultatif	1100,75	2573,8	1348,8
Kolam Maturasi	2608,88	6831,81	7646,17

Sumber : Hasil Analisa, 2015



Sumber : Hasil analisa, 2015

**Gambar 3** Laju Beban Pencemaran pada Kolam Anaerobik, Fakultatif dan Maturasi

Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa pola laju beban pencemaran BOD, COD, dan TSS dalam g/hari cenderung naik dari unit yang satu ke unit berikutnya. Kondisi ini belum sesuai dengan gambaran yang diinginkan, karena tidak terlihat pengurangan terhadap laju beban pencemaran pada setiap tahapan proses pengolahan.

Keadaan tersebut memberi indikasi adanya pola pengoperasian dan pemeliharaan IPLT yang belum sesuai dengan Standar Operasi dan Prosedur (SOP). Berdasarkan observasi lapangan pada saat pengambilan sampel limbah, ditemukan beberapa kondisi operasional yang belum memadai. Kolam anaerobik IPLT Kota Tegal dipenuhi lumpur padat. Demikian pula lumpur padat di inlet kolam fakultatif dan outlet kolam maturasi. Keadaan ini terjadi karena adanya pembuangan limbah tinja secara langsung ke kolam fakultatif dan kolam maturasi oleh perusahaan swasta. IPLT Kota

Tangerang menerima pasokan lumpur tinja dengan frekuensi 2 (dua) truk tinja @ 6 - 8 m<sup>3</sup> per 15 menit. Lumpur tebal muncul di permukaan kolam anaerobik, fakultatif dan maturasi. IPLT Kota Kulonprogo tidak mengoperasikan kolam fakultatif dan kolam maturasi sehingga tidak ada proses pengolahan terhadap limbah tinja yang masuk IPLT dan langsung dialirkan ke badan penerima.

Fakta-fakta tersebut mencerminkan keadaan operasional IPLT yang tidak diharapkan sehingga proses pengolahan tidak berlangsung dengan baik dan berpengaruh pada kualitas hasil olahan limbah tinja.

#### **Analisis Indeks Pencemaran Limbah Tinja**

Hasil analisis Indeks Pencemaran Limbah Tinja berdasarkan nilai parameter karakteristik limbah (PI<sub>J-1</sub>) dan laju beban pencemaran (PI<sub>J-2</sub>), disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3** Analisis Tingkat Pencemaran  $PI_j$ -1 dan  $PI_j$ -2 (Satu Kriteria Penilaian)

IPLT	$PI_j$ -1	Tingkat Pencemaran	$PI_j$ -2	Tingkat Pencemaran	Keterangan
Tegal	3,44	Cemar Ringan	2,058	Cemar Ringan	<b>Kriteria Penilaian</b> (Kepmen LH No 115 tahun 2003) $PI_j$ 0,0-1,0: Tidak ada cemaran $PI_j$ 1,0-5,0: Cemar Ringan $PI_j$ 5,0-10,0: Cemar Sedang $PI_j > 10,0$ Cemar Berat $PI_j$ -1 Indeks Pencemaran $PI_j$ -2 Indeks Laju Beban Pencemaran
Palu	2,43	Cemar Ringan	0,803	Tidak ada cemaran	
Klungkung	3,30	Cemar Ringan	0,592	Tidak ada cemaran	
Buleleng	1,54	Cemar Ringan	1,363	Cemar Ringan	
Mojokerto	0,99	Cemar Ringan	0,546	Tidak ada cemaran	
Banda Aceh	7,06	Cemar Sedang	7,306	Cemar sedang	
Tangerang	6,94	Cemar Sedang	10,573	Cemar Berat	
Kulonprogo	3,90	Cemar Ringan	4,137	Cemar Sedang	

Sumber: Hasil Analisa, 2015

Tampak adanya perbedaan besaran nilai indeks diantara kedua pendekatan tersebut. Besaran nilai rata rata dan nilai minimum  $PI_j$ -1 lebih besar dari pada  $PI_j$  -2, tetapi angka maksimumnya  $PI_j$  -1 lebih kecil daripada  $PI_j$  -2. Walaupun demikian secara rata-rata  $PI_j$  -1 dan  $PI_j$  -2 termasuk kategori cemaran ringan.

-1, maka terdapat IPLT yang termasuk kategori cemaran berat (IPLT Tangerang), tetapi juga terdapat IPLT kategori baik yaitu IPLT Palu, IPLT Klungkung dan IPLT Mojokerto. Oleh karena itu, kriteria penilaian  $PI_j$  -2 harus menggunakan kriteria yang dibangun sendiri dengan menggunakan hasil perhitungan  $PI_j$  -2.

Kriteria penilaian Indeks Pencemaran  $PI_j$  -1 tidak dapat digunakan untuk menilai tingkat atau derajat pencemaran  $PI_j$  -2 masing-masing IPLT karena menghasilkan kesimpulan yang berbeda. Apabila penilaian  $PI_j$  -2 menggunakan kriteria penilaian  $PI_j$

Apabila nilai  $PI_j$  minimum, maksimum dan rata rata digunakan acuan untuk mengembangkan kriteria penilaian  $PI_j$ -2, maka untuk  $PI_j <$  minimum dimasukkan kedalam kategori baik.

**Tabel 4** Analisis Tingkat Pencemaran  $PI_j$  -1 dan  $PI_j$  -2 (Dua Kriteria Penilaian)

IPLT	$PI_j$ -1	Tingkat Pencemaran	$PI_j$ -2	Tingkat Pencemaran	Kriteria Penilaian
Tegal	3,44	Cemar Ringan	2,058	Cemar Ringan	$PI_j$ -1: $PI_j < 1,00$ : Baik $PI_j$ 1,00 - 5,00 Cemar Ringan $PI_j$ 5,00 - 10,00 Cemar Sedang $PI_j > 10,00$ Cemar Berat $PI_j$ -2: $PI_j < 0,55$ Baik $PI_j$ 0,55 - 3,41 Cemar Ringan $PI_j$ 3,41 - 10,58 Cemar Sedang $PI_j > 10,58$ Cemar Berat
Palu	2,43	Cemar Ringan	0,803	Cemar Ringan	
Klungkung	3,30	Cemar Ringan	0,592	Cemar Ringan	
Buleleng	1,54	Cemar Ringan	1,363	Cemar Ringan	
Mojokerto	0,99	Cemar Ringan	0,546	Cemar Ringan	
Banda Aceh	7,06	Cemar Sedang	7,306	Cemar Sedang	
Tangerang	6,94	Cemar Sedang	10,573	Cemar Sedang	
Kulonprogo	3,90	Cemar Ringan	4,137	Cemar Sedang	
Rata rata	3,68	Cemar Ringan	3,409	Cemar Ringan	

Sumber : Hasil Analisa, 2015

Selanjutnya  $PI_j$  antara minimum dan rata rata dikategorikan cemaran ringan,  $PI_j$  antara rata-rata dan maksimum dimasukkan kedalam kategori cemaran sedang dan  $PI_j >$  maksimum dimasukkan kedalam kategori cemaran berat. Hasil penilaian  $PI_j$  -2 terkoreksi pada Tabel 4.

IPLT Kulonprogo yang pada  $PI_j$ -1 termasuk kategori cemaran ringan, sedangkan pada penilaian  $PI_j$ -2 termasuk cemaran sedang. Secara keseluruhan tingkat pencemaran kedua pendekatan tersebut ( $PI_j$ -1 dan  $PI_j$ -2) termasuk kategori cemaran ringan. Selain itu, rasio IPLT kategori cemaran ringan untuk kriteria  $PI_j$ -1 adalah 75% (jumlah IPLT dengan kategori cemaran ringan dibandingkan terhadap jumlah seluruh IPLT =  $6/8 = 75\%$ ) berbanding 62,5% pada  $PI_j$ -2 (jumlah IPLT dengan kategori

Hasil koreksi kriteria penilaian  $PI_j$ -2 mendekati hasil penilaian tingkat pencemaran  $PI_j$ -1, kecuali



di IPLT dengan tujuan untuk mengurangi kapasitas menganggur (*idle capacity*), harus didahului perbaikan kinerja IPLT. Apabila tidak dilakukan perbaikan, maka potensi pencemaran lingkungan semakin besar.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Data dalam tulisan ini diambil dari hasil penelitian yang dibiayai oleh DIPA Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum Tahun Anggaran 2014. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Prof. (R) DR. Ir. R. Pamekas M. Eng, atas bimbingan dan arahan selama penyusunan Karya Tulis Ilmiah (KTI) ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adarsh B. U, Divya Darshini B, Shobha K. R, K. Natarajan, A. Paventhan, Sai Krishna Allu, Neena Pahuja. 2014. "Design of 6LoWPAN enabled Real Time Water Quality Monitoring System using CoAP." *Network Research Workshop Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network v. 38*: 42-54.
- Agbozu, A. Rim-Rukeh, and Le. 2013. "Impact of partially treated sewage effluent on the water quality of recipient Epie Creek Niger Delta, Nigeria using Malaysian Water Quality Index (WQI)." *Journal Applied Science and Environmental Management*. (17): 5-12.
- Agustiningih, Dyah, Setia Budi Sasongko, and Sudarno. 2012. Analisis kualitas air dan strategi pengendalian pencemaran air sungai blukar, Kabupaten Kendal. *Jurnal Presipitasi*. 9 (2): 64-71.
- Coletti, Christiane, Roberto Testezlaf, Túlio AP Ribeiro, Renata TG de Souza, and Daniela de A Pereira. 2010. "Water quality index using multivariate factorial analysis." *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 14 (5):517-522.
- Donia, Noha. 2011. "Water quality management of lake Tamsah, Egypt using geographical information system (GIS)." *International Journal of Environmental Science and Engineering (IJESE)* 2: 1-8.
- Dzwairo, Bloodless, and Fredrick AO Otieno. 2014. "Class frequency distribution for a surface raw water quality index in the Vaal Basin." *Water SA* 40 (2):337-344.
- Etim, EE, R Odoh, AU Itodo, SD Umoh, and U Lawal. 2013. "Water quality index for the assessment of water quality from different sources in the Niger Delta Region of Nigeria." *Frontiers in Science* 3 (3): 89-95.
- Guan, Yang, Chaofeng Shao, and Meiting Ju. 2014. "Heavy metal contamination assessment and partition for industrial and mining gathering areas." *International journal of environmental research and public health* 11 (7): 7286-7303.
- Khambete, AK, and RA Christian. 2014. "Statistical analysis to identify the main parameters to effecting WWQI of sewage treatment plant and predicting BOD." *Int. J. Research in Engineering and Technology (IJRET)* 3 (01): 186-195
- Khwakaram, Ahmed I, Salih N Majid, Zana H Ahmed, and Nzar Y Hama. 2015. "Application of Water Quality Index (WQI) as a possible indicator for agriculture purpose and assessing the ability of self purification process by Qalyasan Stream in Sulaimani City Iraqi Kurdistan Region (IKR)." *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* 5 (1):162-173.
- [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2003. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Jakarta
- Mourhir, Asmaa, Tajjeeddine Rachidi, and Mohammed Karim. 2014. "River water quality index for Morocco using a fuzzy inference system." *Environmental Systems Research* 3 (1):1-12.
- Pamekas, R. 2013. *Pembangunan dan Pengelolaan Infrastruktur Kawasan Permukiman*. Bandung: Pustaka Jaya.
- Patil, PN, DV Sawant, and RN Deshmukh. 2012. "Physico-chemical parameters for testing of water-A review." *International Journal of Environmental Sciences* 3 (3):1194-1207.
- Popa, Paula, Mihaela Timofti, Mirela Voiculescu, Silvia Dragan, Catalin Trif, and Lucian P Georgescu. 2012. "Study of physico-chemical characteristics of wastewater in an urban agglomeration in Romania." *The Scientific World Journal* 2012.
- [Puslitbangkim] Pusat Litbang Permukiman. 2014. Laporan Akhir: Pengkajian Prasarana Sanitasi Permukiman. Pusat Litbang Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum, Bandung.
- Raman, Bai V, Reinier Bouwmeester, S. Mohan. 2009. "Fuzzy logic water quality index and importance of water quality parameters." *Air, Soil and Water Research* 2: 51-59.
- Ravikumar, P, Mohammad Aneesul Mehmood, and RK Somashekar. 2013. "Water quality index to determine the surface water quality of Sankey tank and Mallathahalli lake, Bangalore urban district, Karnataka, India." *Applied Water Science* 3 (1): 247-261.

- Rokade, Nilesh, and Sagar Sankpal Pratap Naikwade. 2014. Drinking water quality index of Avashi village of Lote Parshuram Industrial Area (LPIA) of (MS) India. *Science Research Reporter*. 4 (1): 94-100.
- Rustam. 2010. "Analisis parameter fisik, kimia, biologi, dan daya dukung lingkungan perairan pesisir untuk pengembangan usaha." *Jurnal Natur Indonesia*. 13 (1): 33-40.
- Sahu, Vaishali, and Prachi Sohoni. 2014. "Water quality analysis of river Yamuna–the Delhi stretch." *International Journal of Environmental Sciences* 4 (6): 1177-1189.
- Simonpeter, Kyeyune, and Mulamba Peter. 2015. "Modeling Jambo wastewater treatment system to predict water re-use options." *African Journal of Environmental Science and Technology* 9 (3):192-201.
- Sobańtka, Alicja P, Marie-Noëlle Pons, Matthias Zessner, and Helmut Rechberger. 2014. "Implementation of extended statistical entropy analysis to the effluent quality index of the benchmarking simulation model no. 2." *Water* 6 (1): 86-103.