

Pengolahan Limbah Domestik dengan menggunakan Biokoagulan Biji *MoringaoleiferaLam* dan Saringan Pasir cepat

DODY OCTAVIANUS H. ARITONANG¹, MUMU SUTISNA¹, MOH. RANGGA SURURI¹

1. Jurusan Teknik Lingkungan (Institut Teknologi Nasional Bandung) Email: octavianusaritonang@ymail.com

ABSTRAK

*Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang pesat khususnya di kota-kota besar telah mendorong peningkatan jumlah air limbah domestik (Supradata, 2005). Pada tahun 2013 jumlah penduduk di kota X mencapai 3.351.048 jiwa dan menghasilkan timbulan air limbah domestik sebanyak 351.860 m³/hari. IPAL X menggunakan kolam stabilisasi pada proses pengolahan air limbah secara biologi memerlukan waktu pengolahan selama 10 hari. Hal tersebut akan berpengaruh terhadap debit limbah domestik yang akan diolah. Kolam stabilisasi memiliki kapasitas pengolahan air limbah sebesar ±243.000 m³ dan belum dapat mengolah secara menyeluruh air limbah domestik di kota X. Permasalahan waktu pengolahan yang lama diharapkan dapat diselesaikan dengan hasil penelitian pengolahan limbah domestik dengan menggunakan biokoagulan biji *Moringa oleifera Lam.* dan saringan pasir cepat. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium (volume percobaan 1 liter). Penelitian ini terlebih dahulu dilakukan dengan menentukan kondisi optimum biokoagulan dengan melakukan variasi pH dan dosis biokoagulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter yang efektif disisihkan biokoagulan adalah BOD 79,15%, TSS 99,99994%, minyak dan lemak 86,53%. Kombinasi biokoagulan dan saringan pasir cepat selain mampu menyisihkan BOD, TSS, minyak dan lemak juga mampu menyisihkan fosfat sebesar 89,74%. Kondisi optimum biokoagulan yang diperoleh adalah pH optimum 7 dengan dosis optimum 1500 ppm, serta waktu pengendapan yang diperlukan adalah 420 detik.*

Kata kunci: air limbah domestik, biokoagulan *Moringa oleifera Lam.*, saringan pasir cepat.

ABSTRACT

*The fast growing of the Indonesian population especially in big cities, has encouraged the increase of domestic wastewater. In 2013, the size of population X city reached 3.351.048 people and produced the domestic wastewater generation as much as 351.860 m³/day. IPAL X using the stabilization ponds of domestic wastewater with biological treatment and requires processing time for 10 days . It will affect the discharge of domestic waste that will be processed. The capacity of stabilization ponds for domestic wastewater were 243.000 m³ and unable to managed overall the domestic waste water in X city. The Problem of long processing time is expected to be completed by the research results of domestic waste water treatment by using *Moringa oleifera Lam.* biokoagulan and rapid sand filter. The study was conducted in a laboratory scale (experiment 1 liter volume). This research was conducted prior to determining the optimum conditions biokoagulan by pH variation and dose biokoagulan. The results showed that the effective parameter were set aside biokoagulan 79.15% BOD, TSS 99.99994%, 86.53% oil and fat. In addition combination biokoagulan and rapid sand filter capable to removing BOD, TSS, oil and grease, it also can eliminate phosphate by 89.74%. The biokoagulan optimum conditions that obtained is optimum pH 7 with optimum dose 1500ppm, as well as the required settling time were 420 seconds.*

Kata kunci: domestic wastewater, biokoagulan *Moringa oleifera Lam.*, rapid sand filter.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang pesat khususnya di kota-kota besar telah mendorong peningkatan jumlah air limbah domestik (Supradata, 2005). Pada tahun 2013 jumlah penduduk di kota X mencapai 3.351.048 jiwa dan menghasilkan timbulan air limbah domestik sebanyak 351.860 m³/hari. Penanganan air limbah domestik oleh pemerintah kota adalah dengan membangun instalasi pengolahan air limbah (IPAL) X. IPAL X berfungsi untuk mengolah air limbah rumah tangga dari Kota X yang bertujuan untuk menurunkan tingkat pencemaran sungai-sungai di Kota X dan disamping itu juga membantu mengurangi beban pencemar yang masuk ke sungai Citarum. Jenis buangan rumah tangga yang diolah pada IPAL X adalah air limbah yang berasal dari kamar mandi, dapur dan pencucian.

IPAL X menggunakan kolam stabilisasi pada proses pengolahan air limbah secara biologi dengan menggunakan lahan seluas 67,4 Ha dan waktu pengolahan selama 10 hari. Hal tersebut akan berpengaruh terhadap debit limbah domestik yang akan diolah. Kolam stabilisasi memiliki kapasitas pengolahan air limbah sebesar ±243.000 m³ dan belum dapat mengolah secara menyeluruh air limbah domestik di kota X. Permasalahan waktu pengolahan yang lama diharapkan dapat diselesaikan dengan hasil penelitian pengolahan limbah domestik dengan menggunakan biokoagulan biji *Moringa oleifera Lam.* dan saringan pasir cepat.

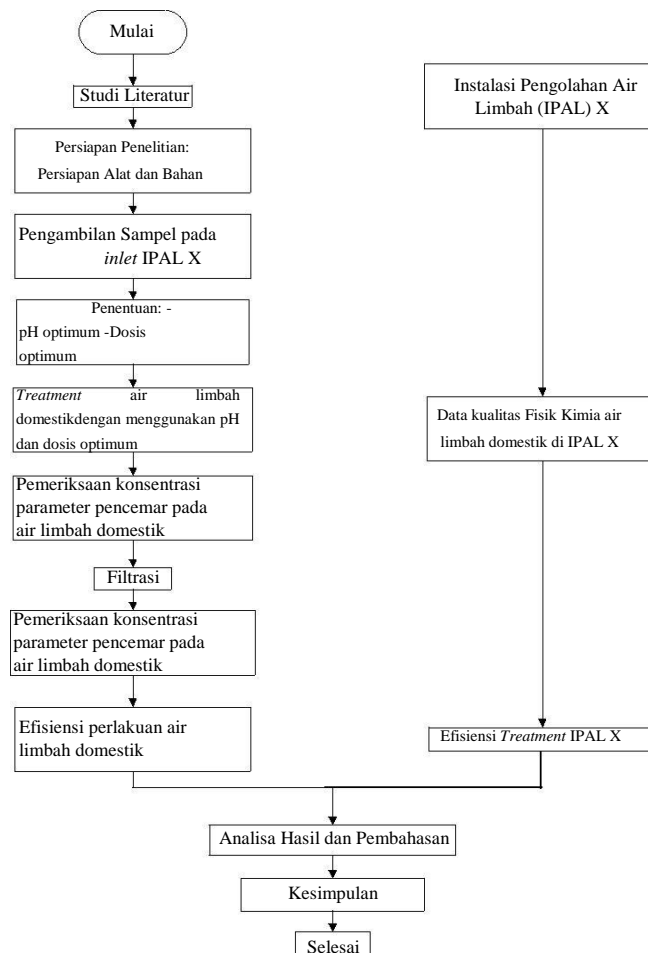
Menurut Hidayat (1999) dalam proses pengolahan air limbah cair industri pulp dan kertas, biokoagulan *Moringa* dapat mengendapkan flok limbah selama 500 detik. Berdasarkan hal tersebut diharapkan pengolahan limbah domestik dengan biokoagulan biji *Moringa* menghasilkan waktu pengolahan lebih singkat (<10 hari) dari pengolahan biologi. Biji *Moringa* yang sudah digerus yang dicampur dengan air akan menghasilkan protein larut dalam air. Protein yang larut akan terionisasi menjadi asam amino (Sofiany, 1999). Larutan tersebut memiliki sifat seperti polielektrolit alami dan merupakan polimer yang dapat mengikat partikel koloid dalam limbah dan membentuk flok yang kemudian mengendap (Mezi, 2008). Proses selanjutnya yaitu penggunaan saringan pasir cepat diharapkan dapat mempercepat waktu pengolahan dan meningkatkan efisiensi penyisihan parameter pencemar pada air limbah. Menurut Joko (2010) saringan pasir cepat memiliki kecepatan filtrasi lebih cepat 4000-5000 L/m²/jam dari pada saringan pasir lambat yang hanya memiliki kecepatan filtrasi 100-180 L/m²/jam.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memperkecil waktu pengolahan serta dapat menurunkan konsentrasi BOD, TSS, minyak & lemak sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Berdasarkan hasil pengukuran IPAL X diperoleh fosfat sebesar 1,463 mg/L pada air limbah domestik yang berasal dari grey water. Menurut Khusnuryani (2008), konsentrasi fosfat >0,015 mg/L dapat menyebabkan eutrofikasi. Diperoleh juga konsentrasi Pb sebesar <0,01 mg/L pada limbah domestik, hal tersebut diduga berasal dari sisa pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor yang masuk kedalam saluran air limbah saat presipitasi. Saluran menuju IPAL X terdiri dari manhole dan saluran terbuka sepanjang ± 4,5 km dan hal ini memperkuat dugaan masuknya Pb ke air limbah melalui manhole dan saluran terbuka tersebut. Konsentrasi Pb pada air limbah dapat berakumulasi (bioakumulasi) dan bila masuk kedalam tubuh makhluk hidup akan bersifat toksik. Sehingga konsentrasi parameter pencemar fosfat dan Pb juga diharapkan dapat turun pada penelitian ini.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium untuk mengetahui efisiensi penyisihan parameter fisika-kimia pada limbah domestik dengan menggunakan biokoagulan biji *Moringaoleifera Lam.* dan saringan pasir cepat. Penelitian yang dilakukan meliputi beberapa tahapan. Tahapan awal penelitian yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian. Selanjutnya penelitian 2. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk menentukan parameter yang tidak memenuhi baku mutu KepMen LH No 112 Tahun 2003 dan menghitung persentase efisiensi pengolahan IPAL X terhadap parameter pencemar air limbah domestik. Menentukan pH serta dosis optimum biokoagulan biji Moringa dengan proses koagulasi-flokulasi. Hasil penelitian pendahuluan digunakan pada penelitian utama sebagai kondisi optimum dalam menyisihkan parameter pencemar dengan biokoagulan biji *Moringa* melauai proses koagulasi-flokulasi dan dilanjutkan dengan proses penyaringan. Penelitian akhir dilakukan dengan mengukur hasil penyisihan konsentrasi pencemar pada air limbah kemudian menghitung efisiensi penyisihan parameter pencemar setelah dilakukan pengolahan. Efisiensi hasil pengolahan biokoagulan dan saringan pasir cepat dibandingkan dengan efisiensi pengolahan IPAL X. Hasil Secara umum bagan alir metodologi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Metodologi Penelitian

Pengolahan Limbah Domestik

3. ISI

3.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk menentukan parameter yang tidak memenuhi baku mutu KepMen LH No 112 Tahun 2003 dan menghitung persentase efisiensi pengolahan IPAL X terhadap parameter pencemar air limbah domestik. Menentukan pH serta dosis optimum biokoagulan biji *Moringa* dengan proses koagulasi-flokulasi.

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan menghitung efisiensi pengolahan IPAL X terhadap penyisihan parameter pencemar yang terdapat pada limbah domestik. Hasil pengolahan IPAL X kemudian dibandingkan terhadap standar baku mutu KepMen LH No 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik. Data skunder kualitas limbah domestik diperoleh berdasarkan hasil pengukuran oleh IPAL X kemudian dilakukan perhitungan nilai rata-rata kualitas fisika kimia dan ditampilkan dalam bentuk Tabel 4.1.

Tabel 1. Kualitas Fisika Kimia Limbah Domestik

| Parameter | Satuan | <i>Influent</i> | <i>Effluent</i> | Kadar Maksimum KepMen LH No 112 Tahun 2003 |
|--------------|--------|---------------------|-----------------|--|
| pH | - | 6 | 7,503 | 6-9 |
| BOD | mg/L | 105 [^] | 27,666 | 100 |
| TSS | mg/L | 200 [^] | 90 | 100 |
| Minyak Lemak | mg/L | 11,176 [^] | 6,66 | 10 |
| *Fosfat | mg/L | 1,463 | 1,053 | - |
| *Pb | mg/L | <0,001 | <0,001 | - |

Ket : ^ = Melebihi standar baku mutu KepMen LH No 112 Tahun 2003

** = Tidak disebutkan dalam baku mutu KepMen LH No 112 Tahun 2003*

Pada Tabel 1 diketahui parameter yang melebihi baku mutu KepMen LH No 112 Tahun 2003 adalah BOD 105 mg/L, TSS 200 mg/L, minyak dan lemak 11,176 mg/L. Parameter pH 6 tidak melebihi baku mutu yang dicantumkan. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa persentase efisiensi pengolahan IPAL X yaitu 73,65% untuk BOD, 55,00% untuk TSS, 40,40% untuk Minyak dan Lemak, untuk Fosfat 28,02% dan Pb 0%. Semakin tinggi persentase efisiensi penyisihan maka semakin bagus kualitas effluent limbah yang diolah. Hal tersebut dikarenakan persentase efisiensi penyisihan tinggi menunjukkan turunnya konsentrasi parameter pencemar ada limbah.

Pengolahan limbah domestik dengan metode biokoagulan *Moringa* dan saringan pasir cepat dilakukan untuk menyisihkan parameter pencemar BOD, TSS minyak dan lemak, fosfat serta Pb. Kemampuan pengolahan yang dilakukan, diketahui dengan menghitung persentase penyisihan konsentrasi parameter pencemar. Data yang digunakan dalam perhitungan persentase yaitu konsentrasi influent dan konsentrasi effluent limbah domestik. Hasil perhitungan efisiensi pengolahan IPAL X dibandingkan dengan efisiensi pengolahan biokoagulan *Moringa* dan saringan pasir cepat, sehingga diperoleh pengolahan yang tepat dalam mengolah air limbah domestik.

3.1.1 pH Optimum Biokoagulan *Moringa*

Penelitian ini perlu memperhatikan kondisi optimum agar diperoleh hasil yang optimum dari penggunaan biokoagulan. pH adalah kondisi optimum yang diperlukan biokoagulan untuk dapat mengikat koloid - koloid di air limbah sehingga terbentuk flok. pH optimum ditunjukkan oleh pembentukan flok dan waktu pengendapan yang singkat. Konsentrasi biokoagulan yang

digunakan pada penelitian ini adalah 1000 ppm. Biokoagulan pada konsentrasi tersebut divariasikan terhadap kondisi pH 3,5, 7 dan 9. Data hasil variasi pH dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Analisa Uji pH Optimum Biokoagulan

| No | pH | Flok | Waktu pengendapan (Detik) |
|----|-----|------|---------------------------|
| 1 | 3,5 | + | 540 |
| 2 | 7 | + | 485 |
| 3 | 9 | + | 565 |

Ket. : + = Terbentuk Flok

Tabel 2 menunjukkan bahwa waktu pengendapan tercepat adalah 485 detik. Waktu pengendapan 485 detik terjadi pada kondisi pH 7. pH optimum yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan hasil pada penelitian (Mezi, 2008), pada pH 7 aktivitas biokoagulan mampu memperbaiki kualitas fisika lebih baik dibandingkan dengan kondisi pH yang lain. Hal tersebut disebabkan asam amino yang terdapat pada biokoagulan akan terionisasi pada rentang pH 5-8. Ionisasi asam amino membentuk muatan positif dan negatif. Muatan positif merupakan gugus karboksil bebas yang bersifat asam dan muatan negatif merupakan gugus amina yang bersifat basa. Muatan tersebut akan menyebabkan destabilisasi koloid. Setelah proses destabilisasi muatan koloid dengan biokoagulan, maka terbentuk ikatan antar flok yang kuat sehingga membentuk flok yang berukuran lebih besar dan akan lebih mudah mengendap secara gravitasi.

3.1.2 Dosis Optimum Biokoagulan *Moringa*

pH 7 digunakan untuk menentukan dosis optimum biokoagulan *Moringa*. Penentuan dosis biokoagulan dilakukan dengan percobaan jar test. Percobaan pengadukan dilakukan dengan kecepatan 100 rpm selama 10 menit, dilanjutkan dengan 60 rpm selama 15 menit. Pada hasil perhitungan diperoleh nilai GTD diperoleh 31800. Proses pengadukan dilakukan gradien kecepatan 53 detik⁻¹ sehingga terjadi destabilisasi muatan partikel koloid. Efektivitas koagulasi flokulasi cair limbah dengan percobaan jar test dilakukan berdasarkan pertimbangan waktu pengendapan dan dosis terkecil namun memberikan hasil flok yang tidak pecah (Hammer, 2000). Hasil pengukuran dosis optimum biokoagulan dengan menggunakan pH optimum 7 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisa Uji Dosis Optimum Biokoagulan

| Konsentrasi (ppm) | Flok | Waktu pengendapan (Detik) |
|-------------------|------|---------------------------|
| 1000 | + | 485,0 |
| 1500 | + | 420,0 |
| 2250 | + | 492,5 |
| 3000 | + | 502,5 |

Ket. : + = Terbentuk Flok

Pada perlakuan 1000 ppm, 1500 ppm, 2250 ppm dan 3000 ppm terbentuk flok yang tidak pecah. Menurut Sofiany (1999), flok yang ideal adalah flok yang dapat mengendap dengan cepat dan tidak mudah pecah. Variasi konsentrasi 1500, 2250 dan 3000 ppm menunjukkan terjadinya peningkatan waktu pengendapan yaitu 420,0 detik, 492,5 detik dan 502,5 detik. Pada konsentrasi 1000 ppm diperoleh waktu pengendapan lebih lama dari pada konsentrasi 1500 ppm yaitu 485,0 detik. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemilihan dosis optimum biokoagulan harus tepat agar diperoleh flok yang tidak pecah dan waktu pengendapan yang cepat. Pada konsentrasi koagulan yang tepat, seluruh koloid dapat terikat menjadi flok yang besar, disaat tersebut waktu pengendapan menjadi lebih cepat (Sofiany, 1999). Berdasarkan hal tersebut diperoleh dosis optimum biokoagulan *Moringa* yaitu konsentrasi 1500 ppm dengan waktu

pengendapan 420 detik, dengan semakin cepat waktu pengendapan dapat mengefisienkan pengolahan limbah domestik.

3.2 PENELITIAN UTAMA

Hasil penelitian pH optimum dan dosis optimum biokoagulan pada penelitian pendahuluan digunakan pada penelitian utama. Penelitian utama yaitu mengolah limbah cair domestik melalui proses koagulasi dan flokulasi dengan menggunakan dosis biokoagulan sebesar 1500 ppm. Setelah itu dilakukan penyaringan dengan saringan pasir cepat. Hasil pengukuran pengolahan sebelum saring (setelah proses koagulasi - flokulasi dengan biokoagulan) dan setelah penyaringan dibandingkan terhadap hasil pengolahan IPAL X. Data perbandingan hasil pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengolahan dengan Biokoagulan *Moringa* dan Saringan Pasir Cepat

| No | Parameter Pencemar | Satuan | Konsentrasi Sebelum Perlakuan) | Hasil Perlakuan IPAL X | Konsentrasi Setelah Perlakuan (mg/L) | | Kadar Maksimum KepMen LH No 112 Tahun 2003 |
|----|--------------------|--------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------|--|
| | | | | | Sebelum disaring | Setelah disaring | |
| 1 | pH | - | 6 | 7,503 | 6,17 | 6,25 | 6-9 |
| 2 | BOD | mg/L | 105 [^] | 27,666 | 21,894 | 21,249 | 100 |
| 3 | TSS | mg/L | 200 [^] | 90 | 0,000107 | 0,00004 | 100 |
| 4 | Minyak Lemak | mg/L | 11,176 [^] | 6,66 | <1 | <1 | 10 |
| 5 | *Fosfat | mg/L | 1,463 | 1,053 | 0,21 | 0,15 | - |
| 6 | *Pb | mg/L | <0,001 | <0,001 | <0,16 | <0,16 | - |

*Ket : * = Tidak disebutkan dalam baku mutu KepMen LH No 112 Tahun 2003*

Perlakuan IPAL X mampu menurunkan parameter pencemar BOD, TSS, minyak dan lemak serta fosfat begitu juga hasil pengolahan biokoagulan dan saringan pasir cepat dapat menurunkan parameter pencemar tersebut. Namun dapat dilihat pada tabel diatas bahwa konsentrasi parameter BOD 21,894 mg/L, TSS 0,000107 mg/L, minyak dan lemak <1 mg/L serta fosfat 0,21 mg/L hasil perlakuan biokoagulan menunjukkan hasil pengolahan lebih baik dari hasil pengolahan IPAL X yang menurunkan parameter pencemar menjadi BOD 27,666 mg/L, TSS 90 mg/L, minyak dan lemak 6,66 mg/L serta fosfat 1,053 mg/L.

3.2.1 Hasil Pengukuran pH

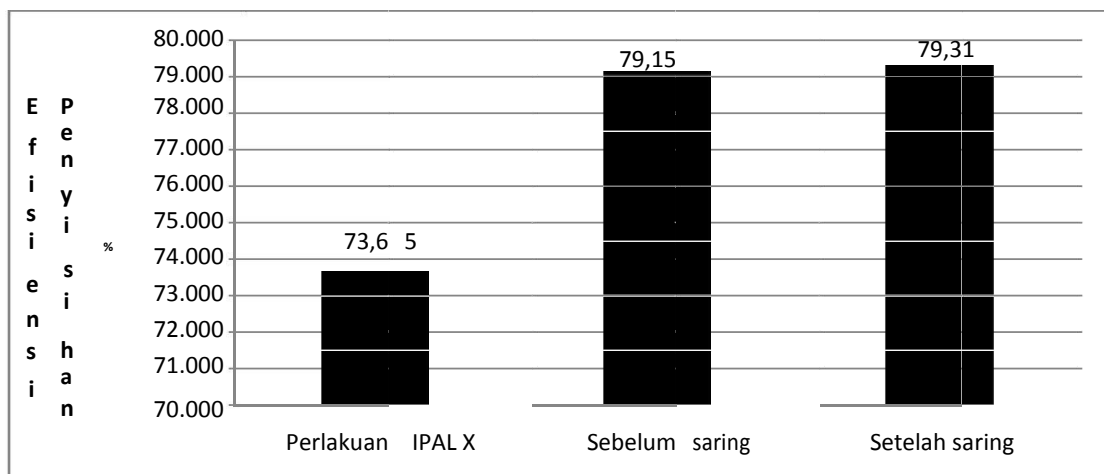
pH 6 atau pH awal limbah domestik dikondisikan menjadi pH optimum, yaitu pada pH 7 sesuai dengan hasil uji pendahuluan. Hasil pengukuran pH sebelum penyaringan menunjukkan terjadinya penurunan pH dari pH 7 menjadi pH 6,17. Menurut Pandia (2010) penambahan biji Moringa kedalam air akan memberikan sedikit pengaruh terhadap pH air atau secara umum tidak terlalu signifikan Penurunan pH terjadi karena biokoagulan bersifat asam lemah sehingga mampu menurunkan pH pada limbah. Asam lemah berasal dari gugus karboksil asam amino melepaskan ion hidrogen (H⁺) dalam limbah yang diolah. Berdasarkan analisa tersebut dapat disimpulkan biokoagulan Moringa bersifat asam lemah.

pH limbah domestik setelah melalui saringan pasir cepat naik menjadi 6,25. Peningkatan pH disebabkan pasir silika (SiO₂) pada saringan pasir cepat mengikat (H⁺) dalam larutan sehingga terjadi kenaikan pada pH limbah. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Novita (2005) yang menyatakan bahwa pasir silika dapat meningkatkan pH air limbah.

Hasil pe ngolahan d engan biji Moringa dan saringan pasir cepa t menguba h pH, nam un perubaha n yang terj adi masih d alam rentang pH 6-9 sesuai dengan baku mutu. Hal tersebut juga berlaku pada p engolahan I PAL X yang menyebabkan perubah an pH, namun perubah an tersebut masih memenuhi baku mutu yang dicantumkan .

3.2.2 Ha sil Penguk uran BOD

Konsentrasi BOD₅ p ada limbah domestik m elebihi baku mutu yait u 105 mg/ L. Baku mutu BOD yang dicantumk an dalam KepMen LH N o 112 Tahun 2003 adalah 100 mg/ L.



G ambar 2. Grafik Penyisihan BOD

Gambar 2 menunjukkan bahwa terjadi pen urunan kons entrasi BOD yang telah diolah. Hasil penelitia n dengan biokoagulan Moringa mampu me nurunkan kosentrasi BOD sebesar 79,15%. Dibandingkan dengan hasil pengolahan IPAL X sebesar 7 3,65%, maka pengolah an dengan biokoagulan lebih baik 5,5%. Se makin tingg i efisiensi penyisihan limbah ma ka semakin kecil konsen trasi pence mar.

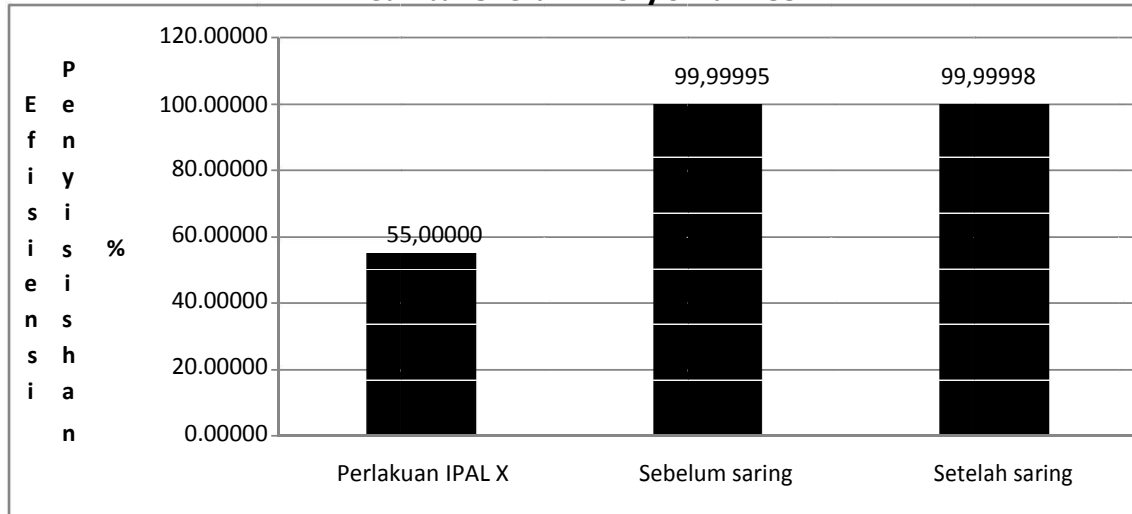
Pada perlakuan de ngan biokoagulan terjadi proses penurunan nilai BOD dikarenak an biokoagulan mengika t koloid zat organik pa da limbah. Koloid-koloid pada limbah akan terikat oleh rant ai polimer biokoagulan dan membentuk mikro flok. Mikrofloka akan saling berikat an sehingga membentu k makrofloka yang ke mudian akan mengendap secara gravitasi. Zat organik yang men gendap aki bat terikat rantai polimer, akan disisihkan pada waktu pengendapan sehingga limbah yang telah diolah akan b erkurang k andungan za t organiknya. Menurut Hidayat (2006) limbah domestik selain m engandung material organik ju ga mengand ung mikro organisme. Aktivitas mikroorganis me untuk menguraikan zat organ ik sebagai makanannya mengguna kan oksigen terlarut pa da air limb ah. Turunny a zat organ ik menyebabkan kand ungan oksig en terlarut pada air limbah men ingkat, seh ingga terja di peningkatan kualitas air limbah d omestik.

Proses penyaringan yang dilak ukan dengan menggu nakan saringan pasir cepat dapat menurunkan kosentrasi BOD seb esar 79,31 % (21,249 m g/L). Hal te rsebut dise babkan med ia pasir memiki rongga yang lebih besar dari ukuran flok sehingga flok yang b erukuran kecil dapat m elewati sari ngan. Flok yang beruk uran besar telah teren dapkan pada saat proses pengendapan (setelah proses koagulasi dan flokula si). Flok yang lolos pada proses penyarin gan memba wa materi organik yang masih ada pada limbah, kem udian mat eri organik tersebut diuraikan oleh mikroorganis me. Jumlah kebutuhan oksigen ya ng dibutuhk an mikroorganisme ters ebut dapat terlihat pada nilai BOD.

3.2.3 Hasil Pengukuran TSS

TSS merupakan padatan yang dapat menyebabkan kekeruhan dan dapat menyebabkan terganggunya penetrasi cahaya. Kurangnya penetrasi cahaya dapat berdampak pada ketersediaan oksigen terlarut pada air (Fardiaz, 1992). Konsentrasi TSS pada limbah domestik melebihi baku mutu yaitu 200 mg/L. Baku mutu TSS yang dicantumkan dalam KepMen LH No 112 Tahun 2003 adalah 100 mg/.

Gambar 3. Grafik Penyisihan TSS



Gambar 3 menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi TSS yang telah diolah. Hasil pengolahan limbah domestik dengan biokoagulan menunjukkan bahwa parameter pencemar TSS turun dari kondisi awal 200 mg/L menjadi 0,000107 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 99,99995% (sebelum saring). Pengolahan IPAL X mampu menyisihkan TSS sebesar 55%. Hal tersebut menunjukkan bahwa biokoagulan lebih efisien 44,99995% dibandingkan dengan hasil pengolahan IPAL X.

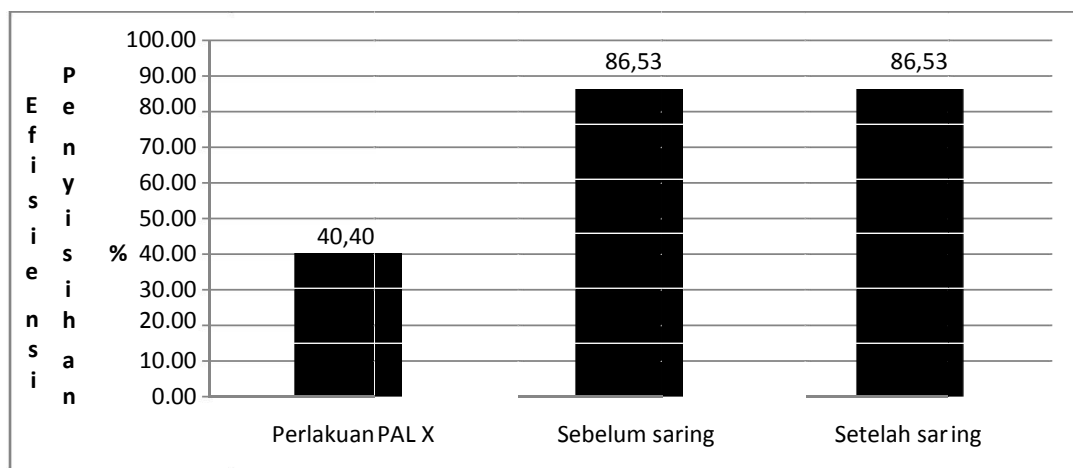
Penurunan TSS disebabkan biokoagulan yang ditambahkan pada limbah domestik mengikat koloid partikel tersuspensi dan membentuk anyaman sehingga terbentuk makroflok dan mengendap dengan waktu yang lebih cepat. Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Sofiany (1999) yang menyatakan bahwa dalam limbah cair yang telah ditambahkan biokoagulan, biokoagulan dapat mengikat partikel-partikel koloid dan membentuk mikroflok. Mikroflok-mikroflok yang terbentuk saling berikatan dan membentuk makroflok dan akhirnya mengendap.

Dosis optimum 1500 ppm biokoagulan yang digunakan mampu menurunkan konsentrasi TSS. Penambahan biokoagulan yang melebihi dosis optimum akan menyebabkan peningkatan kembali nilai TSS di dalam air limbah (Siregar, 2005). Penambahan konsentrasi koagulan tidak meningkatkan kemampuan koagulan mengikat padatan tersuspensi yang masih tersisa, namun mengganggu kestabilan makroflok, sehingga makroflok pecah. Selain itu koagulan yang tidak mengikat padatan tersuspensi akhirnya akan menambah padatan total tersuspensi. Penurunan konsentrasi TSS pada limbah domestik juga disebabkan karena flok-flok yang diendapkan sesuai dengan waktu pengendapan optimum biokoagulan. Waktu pengendapan yang optimum akan menghasilkan flok yang mengendap dengan maksimum pada dasar wadah.

Hasil penyisihan parameter TSS dengan menggunakan saringan pasir cepat dapat menurunkan konsentrasi sebesar 99,99998 % (0,00004 mg/L). Penurunan konsentrasi TSS pada saringan pasir cepat disebabkan partikel koloid yang telah berikatan menjadi flok tertahan pada media pasir sehingga terjadi penurunan konsentrasi TSS pada limbah yang telah disaring.

3.2.4 Hasil Pengukuran Minyak dan Lemak

Konsentrasi minyak dan lemak pada limbah domestik melebihi baku yang dicantumkan dalam KepMen LH No 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik. Konsentrasi minyak dan lemak 11,176 mg/L melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan sebesar 10 mg/L.



Gambar 4. Grafik Penyisihan Minyak dan Lemak

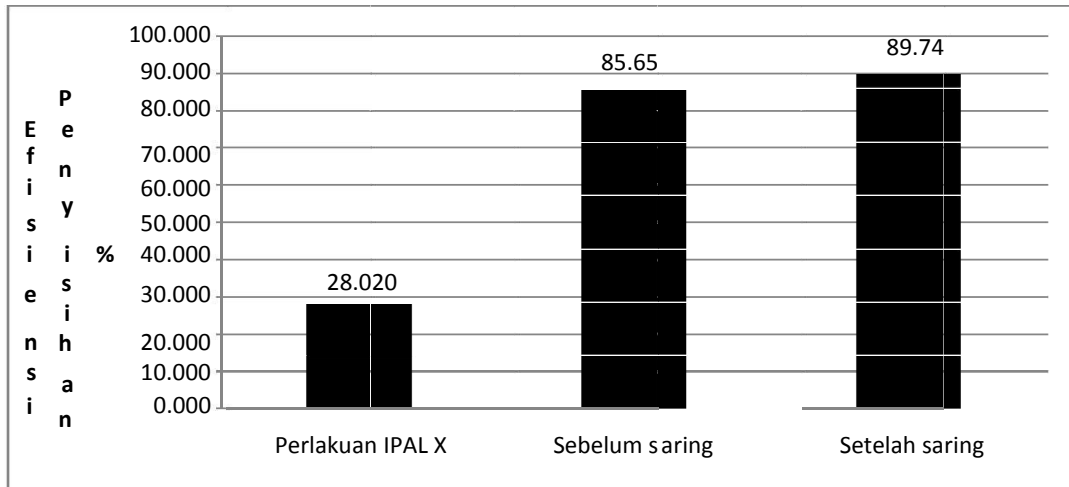
Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil pengolahan sebelum penyaringan mampu menurunkan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 86,53%. Konsentrasi minyak dan lemak dapat berkurang disebabkan oleh model anyaman koloid. Hal tersebut dapat dijelaskan dengan polimer biokoagulan saling berikatan dengan koloid. Pada saat polimer mengikat koloid, maka minyak dan lemak akan terperangkap dalam ikatan tersebut dan membentuk flok. Flok-flok yang terbentuk mengendap sehingga konsentrasi minyak dan lemak pada air limbah turun. Hal ini didukung Mezi (2008) yang menyatakan bahwa biokoagulan mampu menurunkan konsentrasi minyak dan lemak pada air limbah melalui pembentukan anyaman koloid.

Hasil penyaringan limbah dengan saringan pasir cepat diperoleh hasil <1 mg/L minyak dan lemak. Konsentrasi minyak dan lemak sebelum dan setelah penyaringan sama, yaitu < 1 mg/L sehingga terlihat tidak terjadi penurunan konsentrasi pada saat penyaringan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa saringan pasir cepat tidak efektif dalam penyisihan minyak dan lemak.

Pengolahan dengan biokoagulan Moringa mampu menurunkan konsentrasi minyak dan lemak dengan efisiensi penyisihan sebesar 86,53%. Pada saringan pasir cepat tidak terjadi penurunan konsentrasi. Hasil pengolahan dengan biokoagulan telah dibawah baku mutu 10 mg/L sehingga pengolahan dengan saringan pasir cepat tidak diperlukan. Efisiensi penyisihan parameter minyak dan lemak dengan pengolahan IPAL X sebesar 40,40%. Dibandingkan dengan pengolahan IPAL X maka pengolahan biokoagulan lebih baik 46,13%.

3.2.5 Hasil Pengukuran Fosfat

Parameter fosfat tidak dicantumkan dalam KepMen LH No 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik, namun dari data pada Tabel 1 diketahui bahwa nilai konsentrasi pada limbah domestik terdapat fosfat. Fosfat 1,463 mg/L pada limbah domestik berasal dari buangan *gray water* yang mengandung detritus (Supra data, 2005)



Gambar 5. Grafik Penyisihan Fosfat

Gambar 5 menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi fosfat yang telah diolah. Penurunan menunjukkan pengolahan dengan biji Moringa dan saringan pasir cepat dapat menurunkan konsentrasi fosfat. Penurunan konsentrasi fosfat sebelum penyaringan adalah 85,65%. Penurunan konsentrasi fosfat disebabkan terjadinya destabilisasi koloid fosfat akibat proses koagulasi. Proses koagulasi menyebabkan terjadinya tumbukan koloid dengan biokoagulan sehingga terbentuk mikrofluk. Mekanisme penurunan konsentrasi fosfat sama dengan mekanisme yang terjadi pada penurunan konsentrasi BOD, TSS, minyak dan lemak. Hasil penelitian ini diperkuat penelitian Khasanah (2008) yang menyatakan bahwa penurunan konsentrasi fosfat dalam limbah disebabkan koagulasi antara biji kelor dengan fosfat. Terjadinya koagulasi menyebabkan destabilisasi koloid atau pengurangan gaya repulsi dari koloid fosfat. Destabilisasi koloid dapat terjadi karena adanya penambahan koagulan biji kelor yang mempunyai muatan yang berbeda dengan fosfat. Penggumpalan fosfat dengan biji kelor terjadi karena adanya gaya adsorpsi antara polielektrolit kationik (NH_2^+) yang terdapat di biji kelor dengan partikel-partikel fosfat (PO_4^{3-}), sehingga membentuk suatu anyaman antar partikel dan membentuk agregat yang besar. Penurunan konsentrasi fosfat yang terjadi karena destabilisasi koloid dengan pengurangan gaya repulsi antara ion fosfat dan terjadi proses jembatan antar partikel.

Peyaringan dengan saringan pasir cepat dapat menyisihkan fosfat sebesar 89,74% (0,15 mg/L). Penurunan konsentrasi fosfat disebabkan karena flok fosfat tertahan pada saringan pasir. Penggunaan saringan pasir cepat kurang efektif dalam menurunkan konsentrasi fosfat.

Hal tersebut dapat dilihat bahwa penurunan fosfat dengan menggunakan saringan pasir cepat hanya mampu menurunkan 4,09% fosfat.

Dibandingkan dengan hasil pengolahan IPAL X yang mampu menurunkan 28,02%, hasil pengolahan biokoagulan Moringa dan saringan pasir cepat jauh lebih baik karena mampu menurunkan 89,74%. Namun menurut Khasnuryani (2008), air yang mengandung konsentrasi fosfat >0,015 mg/L dapat menyebabkan eutrofikasi. Jika dilihat dari hasil pengolahan biokoagulan dan saringan pasir cepat, konsentrasi fosfat 0,15 mg/L masih dapat

menimbulkan eutrofikasi. Peningkatan efisiensi pengolahan dapat dilakukan dengan memperkecil diameter media pasir saringan pasir cepat atau mengganti dengan saringan pasir lambat sehingga fosfat yang tertahan pada media pasir lebih banyak.

Dikawatirkan air buangan limbah domestik yang masuk ke Citarum akan membawa konsentrasi fosfat yang tinggi ke Saguling. Kualitas badan air Saguling harus dijaga karena jika terjadi pendangkalan akibat eutrofikasi maka akan berdampak buruk bagi sumber air baku untuk PDAM kabupaten Bandung Barat dan mengganggu kinerja pembangkit listrik tenaga air di lokasi tersebut.

3.2.6 Hasil Pengukuran Pb

Konsentrasi Pb pada limbah domestik yaitu $<0,1$ mg/L dan tidak dicantumkan dalam baku mutu KepMen LH No 112 Tahun 2003. Keberadaan Pb dalam konsentrasi kecil dalam limbah domestik juga dapat berbahaya karena limbah tersebut digunakan warga sebagai media untuk memelihara ikan sehingga diperlukan penyisihan Pb.

Pengukuran dilakukan pada tempat yang berbeda dengan perbedaan kemampuan alat ukur sehingga konsentrasi Pb yang diolah lebih tinggi dari konsentrasi di influent dikarenakan data influent diperoleh dari hasil pengukuran IPAL X dan data hasil pengolahan diperoleh dari Laboratorium Pengelolaan Kualitas Lingkungan PDAM Kota Bandung. Kemampuan alat ukur pada IPAL X lebih teliti sehingga mampu mengukur konsentrasi hingga $<0,001$ mg/L. Pengukuran konsentrasi Pb pada hasil pengolahan menggunakan alat Shimadzu aa 6300 dengan mengukur respon pada konsentrasi Pb di limbah cair domestik.

Hasil pengukuran konsentrasi Pb menunjukkan bahwa konsentrasi Pb sebelum perlakuan $<0,001$ mg/L. Sementara itu konsentrasi Pb hasil pengolahan biokoagulan $<0,16$ mg/L dan saringan pasir cepat setelah $<0,16$ mg/L. Pada proses penelitian tidak ditemukan dugaan terjadinya penambahan konsentrasi Pb, dari mulai penambahan koagulan hingga pengukuran hasil penyaringan air limbah yang diolah.

Berdasarkan penelitian Rahardjanto (1998) biokoagulan mampu menurunkan konsentrasi Pb pada limbah. Rahardjanto (1998) menjelaskan bahwa mekanisme penurunan konsentrasi Pb disebabkan berubahnya konformasi protein mengikat logam berat dalam air limbah. Adanya perubahan konformasi ini menyebabkan terjadinya penggumpalan (pembentukan flok) sehingga terjadi pengendapan. Logam yang terlarut akan terendapkan bersama dengan partikel terlarut dan partikel tersuspensi yang lain.

Hasil penelitian sebelum penyaringan $<0,16$ mg/L dan setelah penyaringan $<0,16$ mg/L tidak menunjukkan penurunan konsentrasi Pb. Begitu juga dengan pengolahan IPAL X dimana konsentrasi Pb di influent $<0,001$ mg/L dan effluent $<0,001$ mg/L. Berdasarkan hasil tersebut maka diperlukan kemampuan alat ukur dengan ketelitian tinggi dalam pengukuran konsentrasi Pb.

Kandungan Pb pada limbah domestik dapat masuk ke ikan yang dipelihara di IPAL dan dikonsumsi oleh masyarakat. Konsentrasi Pb dalam jumlah kecil pada air limbah dapat menimbulkan dampak berbahaya bagi masyarakat yang mengkonsumsi ikan tersebut. Hal ini disebabkan Pb pada ikan yang dikonsumsi akan berakumulasi sehingga terjadi peningkatan konsentrasi Pb pada ikan hal ini disebut bioakumulasi. Batas maksimal logam Pb yang boleh masuk pada orang dewasa adalah 2 mg/hari dan untuk ikan konsentrasi Pb yang mencapai 188 mg/L, dapat membunuh ikan (Palar, 2004). Peningkatan konsentrasi Pb pada tubuh manusia dapat menyebabkan penurunan IQ dan perkembangan mental anak, mengganggu fungsi ginjal serta mengurangi fungsi reproduksi laki-laki dan perempuan.

4. KESIMPULAN

Pengolahan limbah domestik dengan biokoagulan *Moringa* memperoleh waktu pengendapan selama 420 detik dengan dosis koagulan 1500 ppm pada skala laboratorium (volume percobaan 1 liter). Hal tersebut diharapkan dapat mengatasi permasalahan waktu pengolahan 10 hari dengan kolam stabilisasi. Hasil pengolahan biokoagulan juga memberikan efisiensi penyisihan parameter sebesar 79,15% untuk BOD, 99,99994% untuk TSS, 86,53% untuk minyak dan lemak. Kombinasi biokoagulan dan saringan pasir cepat selain mampu menyisihkan BOD, TSS, minyak dan lemak juga mampu menyisihkan fosfat sebesar 89,74%. Secara umum hasil pengolahan biokoagulan telah menunjukkan efisiensi penyisihan yang tinggi sehingga tidak diperlukan pengolahan saringan pasir cepat dalam mengolah limbah.

DAFTAR RUJUKAN

- Fardiaz, S. (1992). Polusi Air dan Udara. Yogyakarta: Kanisius.
- Hammer, M. (2000). Water and Waste Water Technology. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Hidayat, S. (2006). Pemberdayaan Masyarakat Bantaran Sungai Lematang Dalam Menurunkan Kekeruhan Air Dengan Biji Kelor (*Moringa oleifera*, Lamk) Sebagai Upaya Pengembangan Proses Penjernihan Air. Malang: Disertasi, Program Pasca Sarjana, Universitas Negeri Malang.
- Joko, T. (2010). Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Khasanah, U. (2008). Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera*, Lamk) Sebagai Koagulan Fosfat Dalam Limbah Cair Rumah Sakit (Studi Kasus di RSUD Saiful Anwar Malang). Malang: Unpublished Skripsi, Program S-1 Jurusan Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang.
- Khusnuryani, A. (2008). Mikrobia Sebagai Agen Penurun Fosfat Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit. Yogyakarta: Unpublished ,Program Studi Biologi dan Pendidikan Biologi, Fak.Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Mezi, A. A. (2008). Efektivitas Bioflokulan *Moringa oleifera* Lam. Dalam Memperbaiki Kualitas Fisika Kimia Air Limbah Industri Tekstil. Bandung: Unpublished Skripsi, Program S-1 Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional.
- Novita, D. (2005). Saringan Pasir Kering Aktif (activated dry sand filter) Ununiform Sebagai Alternatif Penurunan Konsentrasi Besi Dan Mangan Dalam Pengolahan Air Tanah. Bandung: Unpublished Skripsi, Program S-1 Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka cipta.Jakarta.
- Pandia, S. d. (2010). Pengaruh Massa dan Ukuran Biji Kelor pada Proses Penjernihan Air. In R. S. Irianty, Pengaruh Massa Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk) dan Waktu Pengendapan pada Air Gambut. Riau: Unpublished Skripsi, Program S-1 Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Rahardjanto, A. (1998). Efektivitas Bioflokulan *Moringa oleifera* Lam. Dalam Memperbaiki Sifat Fisika Kimia Air Limbah Industri Tekstil. Bandung: Unpublished Thesis, Program Pasca Sarjana Studi Biologi Institut Teknologi Bandung.
- Siregar, A. S. (2005). Instalasi Pengolahan Air Limbah. Yogyakarta: Kanisius.
- Sofiany, R. (1999). Efektivitas Biji *Moringa oleifera* Lam. Dalam Memperbaiki Sifat Fisika Kimia Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit di Sukaregang, Garut. Bandung: Unpublished Thesis, Program Pasca Sarjana Studi Biologi Institut Teknologi Bandung.
- Supradata. (2005). Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius*, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands). Semarang: Unpublished Thesis, Program Pasca Sarjana Studi Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.