

PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI KECIL TEKSTIL DENGAN PROSES BIOFILTER ANAEROB-AEROB TERCELUP MENGGUNAKAN MEDIA PLASTIK SARANG TAWON

Oleh : Ir. Nusa Idaman Said, M.Eng. *)

Abstrak

Masalah pencemaran air di kota besar khususnya di DKI Jakarta telah menunjukkan gejala yang cukup serius. Sumber pencemaran tersebut berasal dari air domestik yakni rumah tangga, perkantoran dan daerah komersial, serta air limbah yang berasal dari industri. Satu contoh kasus pencemaran lingkungan yang cukup serius adalah pencemaran yang terjadi di Kelurahan Sukabumi Selatan, Kecamatan Kebon Jeruk, Jakarta Barat yang diakibatkan oleh air limbah industri pencucian dan pecehulan tekstil.

Studi ini bertujuan untuk mengkaji teknologi pengolahan air limbah tekstil dengan proses biofilter anaerob-aerob tercelup menggunakan media plastik sarang tawon. Dengan sistem ini polutan organik (BOD, COD), zat padat tersuspensi (SS), serta warna dalam air limbah dapat dihilangkan. Dengan kondisi waktu tinggal 1-3 hari efisiensi penghilangan BOD, COD, SS dan Warna masing-masing yakni : BOD 77.84 – 94.88 %, COD 73.91 – 94.23 %, zat padat tersuspensi (SS) 93.44 – 99.84 %, dan Warna 76.36 – 88.96 Pt-Co.

Kata Kunci : Limbah Industri Kecil Tekstil, Biofilter anaerob-aerob, media plastik sarang tawon.

1. PENDAHULUAN

1.1. Masalah Air Limbah

Masalah pencemaran lingkungan di kota besar, khususnya Jakarta telah menunjukkan gejala yang serius, khususnya masalah pencemaran air. Penyebab dari pencemaran tadi tidak hanya berasal dari buangan industri dari pabrik-pabrik yang membuang begitu saja air limbahnya tanpa pengolahan lebih dahulu ke sungai atau ke laut, tetapi juga limbah yang berasal dari penduduk perkotaan itu sendiri. Masyarakat Jakarta masih banyak yang belum berdisiplin di dalam mengelola lingkungan. Hal tersebut dapat dilihat dari masih banyaknya masyarakat yang masih langsung membuang kotoran/tinja ataupun sampah ke dalam sungai, sehingga menyebabkan proses pencemaran sungai-sungai yang ada di Jakarta semakin bertambah cepat. Masalah pencemaran air (air sungai dan air tanah dangkal) telah semakin tampak nyata. Masalah ini menjadi lebih parah lagi karena

ketergantungan masyarakat akan air tanah masih sangat besar (60 %).

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Dinas PU DKI bersama dengan Tim JICA (1989), jumlah air buangan rumah tangga per orang per hari adalah 118 liter dengan konsentrasi BOD rata-rata 236 mg/lit dan pada tahun 2010 nanti diperkirakan akan meningkat menjadi 147 liter (BOD rata-rata 224 mg/lit). Data secara lengkap dapat dilihat pada lampiran Tabel(1). Jumlah air buangan secara keseluruhan 1.316.113 M³/hari yakni untuk air buangan domestik 1.038.205 M³/hari, buangan perkantoran dan daerah komersial 448.933 M³/hari dan buangan industri 105.437 M³/hari.

Di lain pihak laju perkembangan sistem pengolahan air limbah perkotaan secara terpusat masih sangat rendah (misalnya untuk Jakarta sampai saat ini sekitar 4 %) dan masih banyak industri, baik industri kecil maupun industri besar yang belum mempunyai unit pengolahan air limbah, sehingga sebagian besar air limbah masih dibuang ke perairan umum tanpa pengolahan.

*) *Peneliti Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Direktorat Teknologi Lingkungan, BPPT*

Satu contoh kasus pencemaran lingkungan yang sangat berat adalah yang terjadi di Kelurahan Sukabumi Selatan, Kecamatan Kebon Jeruk, Jakarta Barat yang diakibatkan oleh air limbah industri kecil tekstil. Kelurahan ini mempunyai kepadatan penduduk cukup tinggi dan diwilayahnya terdapat 34 perusahaan Laundry yang rata-rata membuang air limbahnya yang berwarna biru-hitam sebesar antara 15 – 90 m³/hari ke kali Sekretaris yang mengalir melalui Kelurahan tersebut (berdasarkan survey Pemda DKI Jakarta dan BPPT awal Juli 2000). Baik air limbah domestik maupun air limbah industri keduanya telah mencemari lingkungan, terutama air sungai dan air tanah. Tidak ada mahluk hidup dapat bertahan di kali Sekretaris kecil karena terlalu tingginya kandungan hypochlorite dan bahan pengotor yang lain (warna organik/anorganik, garam-garam logam sulfat dan larutan kanji).

Dengan demikian semakin bertambahnya penduduk dan industrialisasi yang tidak berwawasan lingkungan di Jakarta, telah mengakibatkan sulitnya mencegah terjadinya percepatan proses pencemaran lingkungan dan selanjutnya yang terjadi adalah penurunan kualitas lingkungan. Sangat minim dan lambatnya pengembangan fasilitas pengelolaan/ pengolahan air limbah (sewerage system atau IPAL) di perkotaan semakin menambah runyamnya upaya penanggulangan pencemaran di Jakarta. Karena itu perlu dimasyarakatkan suatu penerapan teknologi pengolahan air limbah yang tepat dan murah untuk dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan secara cepat. Salah satu alternatif yakni pengolahan air limbah industri pencucian atau pencelupan tekstil dengan proses biofilter anaerob-aerob.

1.2. Limbah Cair Industri Tekstil

Industri pencelupan atau pencucian tekstil termasuk salah satu industri yang sangat banyak mengeluarkan limbah cair. Namun penanganan pengolahan limbah cair pada industri yang termasuk berskala kecil umumnya kurang baik.

Limbah industri tekstil berasal dari beberapa kegiatan proses misalnya:

- Percucian tekstil yang meliputi *desizing*, *boiling*, *degreasing* dan *mercerizing*
- Pencelupan dan sistem pewarnaan lain
- Pengolahan akhir seperti pencucian kembali (*Tjahyono*, 1993 : 13).

Limbah cair dari industri tekstil umumnya mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- Berwarna
- Bersifat sangat basa
- BDO sangat tinggi
- Padatan tersuspensi tinggi
- Suhu tinggi

Tekstil terbagi menjadi tiga kelompok yaitu katun, wol dan bahan sintesis yang pengerjaan dan proses pewarnaannya berlainan. Disamping itu dari masing-masing kelompok dapat diproses dengan berbagai cara dengan menggunakan bahan kimia yang berbeda-beda pula terutama pada proses pewarnaannya. Oleh karena itu limbahnya juga berlainan sehingga mempersulit proses pengolahannya. Di Indonesia tidak memproduksi wol sehingga yang ada hanya industri tekstil katun dan sintesis.

Katun

Menurut Maseli dan Burford (*Nemerrow 1978*) limbah yang dikeluarkan dari tahapan proses dan beban BOD yang dikandungnya terlihat pada lampiran A.

Bahan Sintesis

Serat sintesis merupakan polimer, terdiri atas senyawa kimia murni dan tidak mengandung kotoran bahan alami, oleh karena itu hanya dilakukan proses "Scouring" dan pemucatan ringan, sehingga limbah yang keluar dari kedua proses ini juga lebih ringan dibanding yang keluar dari proses yang sama pada industri katun. Proses selanjutnya dilakukan pada alat yang sama serta dengan cara yang sama dengan penanganan katun. Pencemaran yang timbul dari beberapa proses industri tekstil sintesis dapat dilihat pada lampiran B dan Lampiran C.

Potensi pencemaran air buangan industri tekstil sangat bervariasi tergantung pada proses dan kapasitas produksi serta kondisi lingkungan tempat pembuangan, sehingga akibat pencemaran juga berbeda-beda.

Harus diakui bahwa masih banyak industri tekstil yang hingga saat ini belum atau kurang memperhatikan masalah air buangan bekas proses pengolahan tekstil hingga tidak mengherankan apabila kadang-kadang terjadi keluhan maupun protes dari masyarakat yang merasa terganggu oleh adanya air buangan tersebut.

Industri pencucian jeans adalah industri pencucian yang mengembangkan kegiatan menjadi industri pencucian dan pelunturan, keberadaan industri pencucian

jean berkembang sejalan dengan meningkatnya komoditi pakaian jadi Indonesia. Dalam hal ini industri pakaian jadi (konveksi) mengadakan kerjasama dengan industri pencucian.

Dalam melaksanakan kegiatan sehari-hari industri pencucian jeans tidak selalu mengadakan proses-proses seperti tersebut diatas tetapi kegiatannya berdasarkan pesanan dari industri konveksi, misalnya industri konveksi hanya membutuhkan proses pencucian saja tanpa proses pencucian sekaligus proses pelunturan.

Berdasarkan proses kegiatan industri pencucian jeans dibagi menjadi :

Proses pencucian (*Garment Wash*)

Proses ini bertujuan untuk membuang kanji dengan maksud melembaskan pakaian jeans yang masih kaku. Bahan yang digunakan adalah air sebanyak 500 liter, detrgent merk Blue-J Scour (cair dan berwarna coklat) sebanyak 250-300 ml dan sebagai bahan pengganti detergent dapat digunakan zat kimia Genecor Desize-HT (cair dan berwarna biru) sebanyak 1,5 Kg. Pada proses *Garment Wash* ini suhu diusahakan 40°C-50°C dan pakaian digiling dalam mesin selama 25 menit. Apabila pihak konsumen hanya membutuhkan pencucian saja, maka proses selanjutnya tidak lakukan.

Proses Pelunturan

Setelah proses pelemasan atau pencucian, kemudian dilakukan proses pelunturan atau pemucatan jeans dengan maksud melunturkan warna asli jeans menjadi warna dasarnya atau lebih pucat dari warna aslinya. Proses ini dilakukan tergantung pada permintaan. Proses pelunturan ada dua macam:

- (a) proses stone wash yaitu proses pelunturan warna pakaian jadi jeans dengan menggunakan bahan yang sama dengan batu apung sebagai bahan penggosok atau peluntur.
- (b) Proses stone bleaching yaitu proses pelunturan warna pakaian jadi selain menggunakan bahan yang sama dengan stone wash juga ditambah dengan sodium hipochlorite yang berfungsi untuk pemutih. Penggunaan sodium Hipochlorite ini tidak banyak tentunya

tergantung permintaan (sesuai dengan warna putih yang di inginkan).

Proses pembilasan

Setelah proses pencucian dan pelunturan maka dilakukan proses pembilasan diman dalam proses ini diperlukan air sebanyak 500 l, softener sebagai pelembut sebanyak 0,6 ml dan OBA untuk mencerahkan warna sebanyak 0,3 ml. Suhu disesuaikan tetap 30°C dan dapat diputar selama 10 menit sedangkan untuk proses pembilasan dimana dalam proses pembilasan yang berasal dari stone bleaching selain bahan-bahan di atas ditambahkan pula sodium hipocrit dan menghilangkan bau sebanyak 1 Kg permesin serta hidrogen perioksida (H₂O₂) yang berfungsi untuk membuat bersih atau warna terang sebanyak 1kg.

Proses Pemerasan

Proses pemerasan adalah proses untuk menghilangkan air dari pakaian jadi jeans. Proses ini bertujuan untuk mempercepat proses pengeringan. Pada proses pemerasan ini digunakan mesin ekstrator yang berkapasitas 30 - 40 potong pakaian yang diputar selama 5 menit.

Proses Pengeringan

Proses pengeringan adalah proses yang dilakukan setelah pakaian jadi telah mengalami proses pembilasan dengan maksud untuk mengeringkan pakaian jadi jeans. Proses pengeringan dapat dilakukan melalui penjemuran dengan sinar matahari maupun menggunakan mesin pengering berupa oven yang berkapasitas 50-70 potong pakaian . proses ini memerlukan waktu sekitar 45 menit sampai 1 jam.

Proses pewarnaan

Pada proses ini pakaian jadi jeans di beri warna yang sesuai dengan perintaan dengan menggunakan bahan-bahan kimia. Sebagai hasil sampingan dari proses kegiatan industri pencucian jeans adalah limbah yang dihasilkan dari proses pencucian jeans.

Limbah pencucian jeans secara fisik berwarna biru atau ungu berbau kaporit yang menyengat serta terdapat busa berwarna. Selain itu ada zat-zat tersuspensi dari batu apung yang hancur dari proses pelunturan

banyak mengendap di saluran air sehingga menyebabkan pendangkalan. seperti limbah industri lainnya, limbah pencucian jeans ini dapat menimbulkan gangguan terhadap manusia, biota air maupun gangguan estetika.

1.3. Proses Biofilm Atau Biofiter Tercelup (*Submerged Biofilter*)

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilm atau biofilter tercelup dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media penyangga untuk pebang-biakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Untuk proses anaerobik dilakukan tanpa pemberian udara atau oksigen. Posisi media biofilter tercelup di bawah permukaan air. Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik.

Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (*random packing*), bentuk papan (*plate*), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara (*kokas*) dan lainnya.

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter tercelup aerobik, sistem suplai udara dapat dilakukan dengan berbagai cara. Beberapa cara yang sering digunakan antara lain aerasi samping, aerasi tengah (*pusat*), aerasi merata seluruh permukaan, aerasi eksternal, aerasi dengan "*air lift pump*", dan aerasi dengan sistem mekanik. Masing-masing cara mempunyai keuntungan dan kekurangan. Sistem aerasi juga tergantung dari jenis media maupun efisiensi yang diharapkan. Penyerapan oksigen dapat terjadi disebabkan terutama karena aliran sirkulasi atau aliran putar kecuali pada sistem aerasi merata seluruh permukaan media.

Di dalam proses biofilter dengan sistem aerasi merata, lapisan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media mudah terlepas, sehingga seringkali proses menjadi tidak stabil. Tetapi di dalam sistem aerasi melalui aliran putar, kemampuan penyerapan oksigen hampir sama dengan sistem aerasi dengan menggunakan difuser, oleh karena itu untuk penambahan jumlah beban yang besar sulit dilakukan. Berdasarkan hal tersebut diatas belakangan ini penggunaan sistem aerasi merata banyak dilakukan karena

mempunyai kemampuan penyerapan oksigen yang besar.

Jika kemampuan penyerapan oksigen besar maka dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan beban organik (*organic loading*) yang besar pula. Oleh karena itu diperlukan juga media biofilter yang dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar. Biasanya untuk media biofilter dari bahan anaorganik, semakin kecil diameternya luas permukaannya semakin besar, sehingga jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan juga menjadi besar pula.

Jika sistem aliran dilakukan dari atas ke bawah (*down flow*) maka sedikit banyak terjadi efek filtrasi sehingga terjadi proses peumpukan lumpur organik pada bagian atas media yang dapat mengakibatkan penyumbatan. Oleh karena itu perlu proses pencucian secukupnya. Jika terjadi penyumbatan maka dapat terjadi aliran singkat (*Short pass*) dan juga terjadi penurunan jumlah aliran sehingga kapasitas pengolahan dapat menurun secara drastis.

Untuk media biofilter dari bahan organik banyak yang dibuat dengan cara dicetak dari bahan tahan karat dan ringan misalnya PVC dan lainnya, dengan luas permukaan spesifik yang besar dan volule rongga (*porositas*) yang besar, sehingga dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar dengan resiko kebuntuan yang sangat kecil.

Dengan demikian memungkinkan untuk pengolahan air limbah dengan beban konsentrasi yang tinggi serta efisiensi pengolahan yang cukup besar. Salah Satu contoh media biofilter yang banyak digunakan yakni media dalam bentuk sarang tawon (*honeycomb tube*) dari bahan PVC. Beberapa contoh perbandingan luas permukaan spesifik dari berbagai media biofilter dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengolahan air limbah dengan proses biofilm mempunyai beberapa keunggulan antara lain :

A. Pengoperasiannya mudah

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm, tanpa dilakukan sirkulasi lumpur, tidak terjadi masalah "*bulking*" seperti pada proses lumpur aktif (*Activated sludge process*). Oleh karena itu pengelolaannya sangat mudah.

Tabel 1 : Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter.

| No. | Jenis Media | Luas permukaan spesifik (m ² /m ³) |
|-----|--------------------------------------|---|
| 1 | Trickling Filter dengan batu pecah | 100-200 |
| 2 | Modul Sarang Tawon (honeycomb modul) | 150-240 |
| 3 | Tipe Jaring | 50 |
| 4 | RBC | 80-150 |

B. Lumpur yang dihasilkan sedikit

Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang dihasilkan pada proses biofilm relatif lebih kecil. Di dalam proses lumpur aktif antara 30 – 60 % dari BOD yang dihilangkan (*removal BOD*) diubah menjadi lumpur aktif (biomasa) sedangkan pada proses biofilm hanya sekitar 10-30 %. Hal ini disebabkan karena pada proses biofilm rantai makanan lebih panjang dan melibatkan aktifitas mikroorganisme dengan orde yang lebih tinggi dibandingkan pada proses lumpur aktif.

C. Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.

Oleh karena di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm mikroorganisme atau mikroba melekat pada permukaan medium penyangga maka pengontrolan terhadap mikroorganisme atau mikroba lebih mudah. Proses biofilm tersebut cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.

D. Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi.

Di dalam proses biofilter mikro-organisme melekat pada permukaan unggun media, akibatnya konsentrasi biomasa mikro-organisme per satuan volume relatif besar sehingga relatif tahan terhadap fluktuasi beban organik maupun fluktuasi beban hidrolik.

E. Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil.

Jika suhu air limbah turun maka aktifitas mikroorganisme juga berkurang, tetapi oleh karena di dalam proses biofilm

substrat maupun enzim dapat terdifusi sampai ke bagian dalam lapisan biofilm dan juga lapisan biofilm bertambah tebal maka pengaruh penurunan suhu (suhu rendah) tidak begitu besar.

2. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektifitas pengolahan air limbah industri pencucian atau pencelupan tekstil dengan menggunakan proses biofilter anaerob-aerob tercelup menggunakan media plastik tipe sarang tawon.

3. MATERIAL DAN METODA PENELITIAN

1. Material

A. Air Limbah

Air limbah yang digunakan untuk penelitian diambil dari air limbah yang dihasilkan oleh industri pencucian jeans “Prospek Warna, di Kelurahan Sukabumi Selatan, Jakarta Selatan.

B. Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan adalah media dari bahan plastik PVC tipe sarang tawon dengan spesifikasi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 : Spesifikasi media penyangga yang digunakan untuk penelitian.

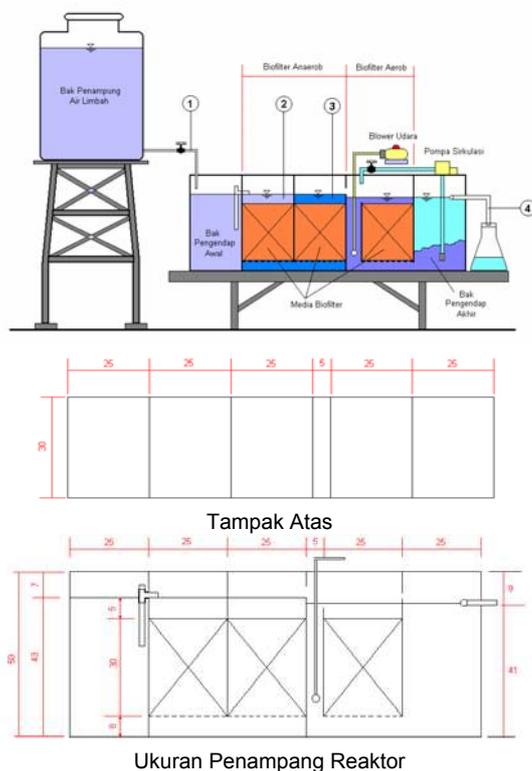
| Tipe | Sarang Tawon, cross flow. |
|------------------|--|
| Material | : PVC |
| Ukuran Modul | : 30 ^{cm} x 25 ^{cm} x 30 ^{cm} |
| Ukuran Lubang | : 2 cm x 2 cm |
| Ketebalan | : 0,5 mm |
| Luas Spesifik | : + 226 m ² /m ³ |
| Berat | : 30-35 kg/m ³ |
| Porositas Rongga | : 0,98 |
| Warna | : Hitam |

2. Prosedur Analisis

Seluruh prosedur analisis yakni BOD, COD dan padatan tersuspensi (suspended solids, SS) serta parameter warna didasarkan pada “ American Standard Method. Para meter warna menggunakan skala Pt-Co.

3. Prosedur percobaan

Pengolahan air limbah dilakukan dengan cara mengoperasikan reaktor biologis yang terdiri dari bak pengendapan awal, biofilter anaerob, biofilter aerob serta bak pengendapan akhir. Skema proses pengolahan serta ukuran reaktor ditunjukkan seperti pada Gambar 1. Lebar reaktor 30 cm, panjang reaktor 130 cm, dan tinggi 50 cm. Volume efektif reaktor 156 liter.



Gambar 1 : Diagram proses pengolahan air limbah pencelupan tekstil yang digunakan untuk penelitian.

Air limbah di tampung ke dalam tangki penampung, selanjutnya dialirkan ke bak pengendapan awal. Dari bak pengendapan awal air limbah dialirkan ke biofilter anaerob. Biofilter anaerob terdiri dari dua ruangan yang diisi dengan media plastik sarang tawon. Arah aliran dimdalam biofilter anaerob adalah dari atas ke bawah dan dari bawah ke atas. Air limpasan dari biofilter anaerob selanjutnya masuk ke biofilter aerob. Di dalam biofilter aerob juga diisi dengan media sarang tawon dengan arah aliran dari atas ke bawah, sambil dihembus dengan udara menggunakan blower. Selanjutnya, air limbah masuk ke bak pengendapan akhir melalui bagian bawah

bak. Air limbah di dalam bak pengadapan akhir sebagian disirkulasi ke biofilter aerob dengan ratio sirkulasi hidrolis (Hydraulic Recycle Ratio, HRR) sama dengan 1 (satu). Air limpasan dari bak pengendapan akhir merupakan air olahan.

A. Proses Pengembang-biakan Mikroorganisme (Seeding)

Pada saat baru dipasang, media biofilter belum ada mikroorganisme yang menempel pada permukaan media. Oleh karena itu perlu dilakukan proses pengembangbiakan (seeding) mikroorganisme agar tumbuh melekat pada permukaan media. Proses *seeding* dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah rumah tangga ke dalam reaktor dengan proses anaerob-aerob seperti di atas selama satu minggu dengan waktu tinggal (Hydraulic Retention Time, HRT) 3 hari dan ratio sirkulasi hidrolis, $HRR = 1$; selama satu minggu. Selanjutnya air limbah yang dimasukkan ke dalam reaktor adalah campuran air limbah rumah tangga dengan air limbah pencucian jeans dengan perbandingan sebagai berikut :

- 80% limbah rumah tangga dan 20 % limbah tekstil dialirkan ke dalam reaktor selama dua hari
- 60% air limbah rumah tangga dan 40 % limbah tekstil dan dilairkan selama dua hari.
- 40% air limbah rumah tangga dan 60 % limbah tekstil dan dilairkan selama dua hari.
- 20% air limbah rumah tangga dan 80 % limbah tekstil dan dilairkan selama dua hari.

Dengan demikian proses pembiakan mikroorganisme berjalan dua minggu.

Selanjutnya seluruh air limbah yang dimasukkan ke dalam reaktor adalah air limbah yang berasal dari industri pencucian jeans dengan waktu tinggal 3 hari dan ratio sirkulasi hidrolis, $HRR = 1$.

B. Percobaan

Percobaan 1 :

kondisi operasi sebagai berikut :

- Waktu Tinggal (HRT) = 3 hari.
- Ratio sirkulasi hidrolis (HRR) = 1

Pengambilan contoh (sampling) dilakukan setelah satu minggu operasi setelah proses seeding menggunakan 100 % limbah pencucian jeans (tekstil).

Percobaan 2 :

Setelah percobaan 1 selesai, percobaan dilakukan dengan kondisi operasi :

- Waktu Tinggal (HRT) = 2 hari.
- Ratio sirkulasi hidrolik (HRR) = 1

Pengambilan contoh dilakukan setelah operasi berjalan satu minggu.

Percobaan 3 :

Setelah percobaan 2, kondisi operasi diubah lagi sebagai berikut :

- Waktu Tinggal (HRT) = 1 hari.
- Ratio sirkulasi hidrolik (HRR) = 1

Pengambilan contoh juga dilakukan setelah operasi berjalan satu minggu.

Lokasi pengambilan contoh (sampling) yakni :

Lokasi 1 : Air limbah yang masuk reaktor.

Lokasi 2 : Air limbah setelah bak pengendapan Awal.

Lokasi 3 : Air limbah setelah biofilter anaerob.

Lokasi 4 : Air limbah yang keluar reaktor (air olahan).

Parameter yang diperiksa adalah parameter organik yakni BOD, COD serta dan padatan tersuspensi (*suspended solids*, SS) dan parameter warna.

4. HASIL PERCOBAAN DAN DISKUSI

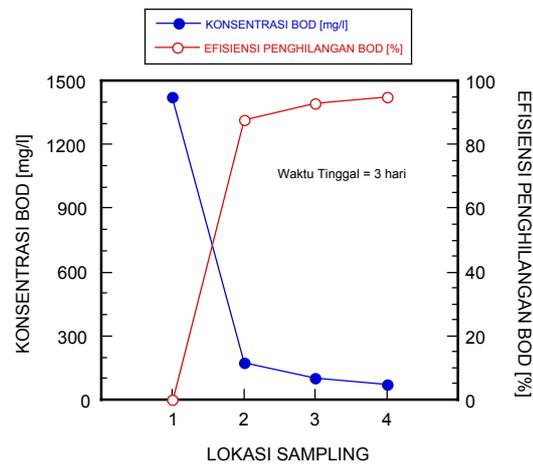
Percobaan 1 :

Setelah proses berjalan selama satu minggu setelah proses seeding, lapisan mikroorganisme yang menempel pada permukaan media zona anaerob kelihatan sudah terbentuk dengan warna hitam, sedangkan pada zona aerob lebih tipis dan warna lapisan mikroba abu-abu. Air limbah di dalam bak pengendapan awal serta bak zona anaerob kelihatan hitam dan timbul bau, pada bak zona aerob agak bening, sedangkan air didalam bak pengendapan akhir sudah terlihat jauh lebih bening dibanding dengan air limbah yang masuk ke dalam reaktor.

Dari hasil pemeriksaan konsentrasi BOD, COD, Zat padat tersuspensi (SS) dan Warna setelah operasi berjalan satu minggu setelah proses pembiakan mikroorganisme didapatkan hasil seperti pada Tabel 3. Dengan total waktu tinggal 3 hari, konsentrasi BOD di dalam air limbah dari 1424 mg/l turun menjadi 72 mg/l, konsentrasi COD 3763.60 mg/l turun menjadi 217 mg/l, konsentrasi zat padat tersuspensi (SS) 2105 mg/l turun menjadi 138 mg/k, dan konsentrasi warna 1350 skala Pt-Co turun menjadi 149 Pt-

Co. Dengan demikian efisiensi total penghilangan BOD, COD, SS dan Warna masing masing yakni 94.88 %, 94.23 %, 93.44 % dan 88.96 %.

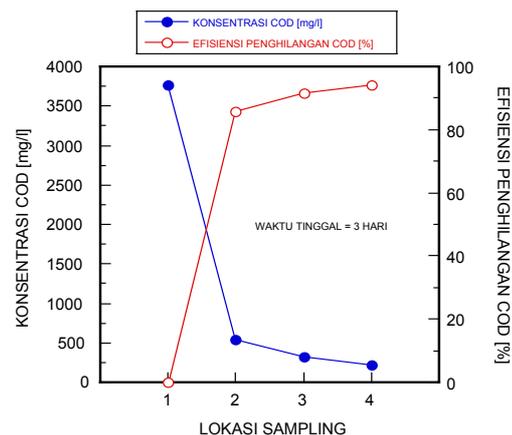
Penurunan konsentrasi BOD, COD, SS dan Warna pada tiap lokasi sampling pada reaktor dengan kondisi waktu tinggal 3 hari ditunjukkan seperti pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 5.



Keterangan :

Waktu Tinggal di dalam reaktor = 3 hari. HRR = 1
1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 3 Air Olahan

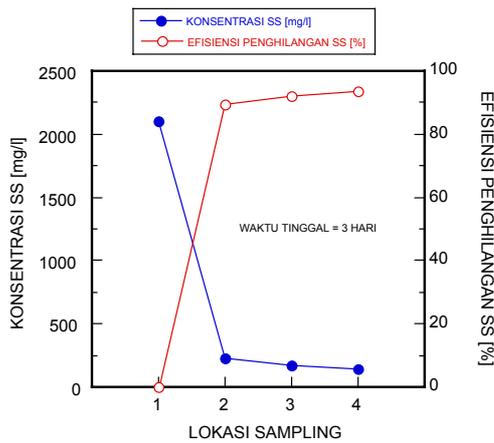
Gambar 2 : Konsentrasi BOD di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.



Keterangan :

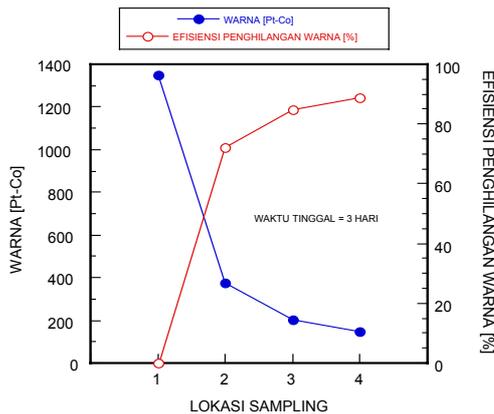
Waktu Tinggal di dalam reaktor = 3 hari. HRR = 1
1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 3 Air Olahan

Gambar 3 : Konsentrasi COD di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.



Keterangan :
 Waktu Tinggal di dalam reaktor = 3 hari. HRR = 1
 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 3 Air Olahan

Gambar 4: Konsentrasi BOD di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.



Keterangan :
 Waktu Tinggal di dalam reaktor = 3 hari. HRR = 1
 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 3 Air Olahan

Gambar 5 : Konsentrasi warna di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.

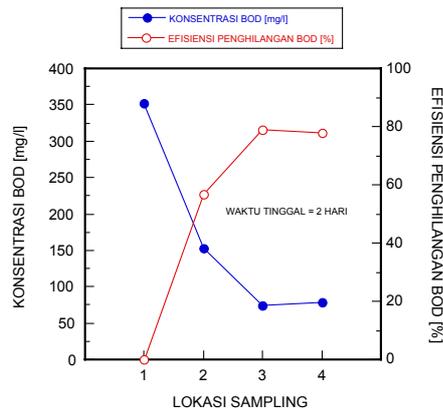
Percobaan 2 :

Percobaan ke dua dilakukan dengan kondisi waktu tinggal di dalam reaktor 2 hari. Pemeriksaan contoh air pada tiap tik lokasi sampling dilakukan satu minggu setelah proses berjalan dengan waktu tinggal 2 hari atau 2 minggu setelah proses seeding. Hasil analisa konsentrasi BOD, COD, SS dan Warna pada tiap titik sampling ditunjukkan pada Tabel 4.

Dari hasil tersebut terlihat bahwa konsentrasi BOD yang masuk ke dalam

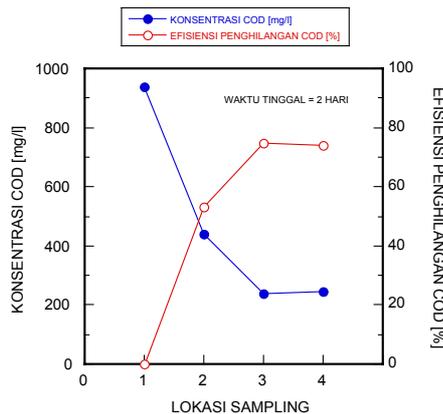
reaktor 352 mg/l turun menjadi 152.4 mg/l, konsentrasi COD turun dari 938.4 mg/l menjadi 244.8 mg/l, konsertasi zat pada tersuspensi 3490 mg/ turun menjadi 195 mg/l, dan konsentrasi Warna 715 Pt-Co turun menjadi 169 mg/l. Dengan demikian efisiensi penghilangan masing-masing adalah BOD 77,84 %,, COD 73.91 % , SS 97.45 % , dan Warna 76.36 %.

Grafik penurunan konsentrasi BOD, COD , SS dan Warna pada tiap titik lokasi sampling pada kondisi waktu tinggal dua hari ditunjukkan pada Gambar 6 ~ Gambar 9.



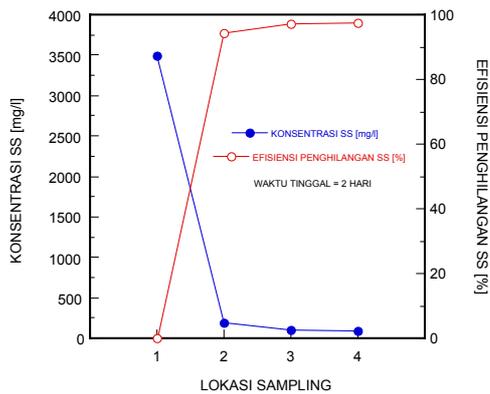
Keterangan :
 Waktu Tinggal di dalam reaktor = 2 hari. HRR = 1
 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 3 Air Olahan

Gambar 6 : Konsentrasi BOD di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.



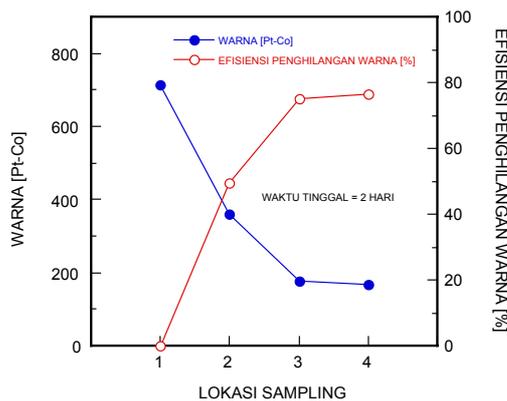
Keterangan :
 Waktu Tinggal di dalam reaktor = 2 hari. HRR = 1
 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 3 Air Olahan

Gambar 7 : Konsentrasi COD di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.



Keterangan :
 Waktu Tinggal di dalam reaktor = 2 hari. HRR = 1
 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 3 Air Olahan

Gambar 8 : Konsentrasi SS di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.



Keterangan :
 Waktu Tinggal di dalam reaktor = 2 hari. HRR = 1
 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 3 Air Olahan

Gambar 9 : Konsentrasi BOD di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.

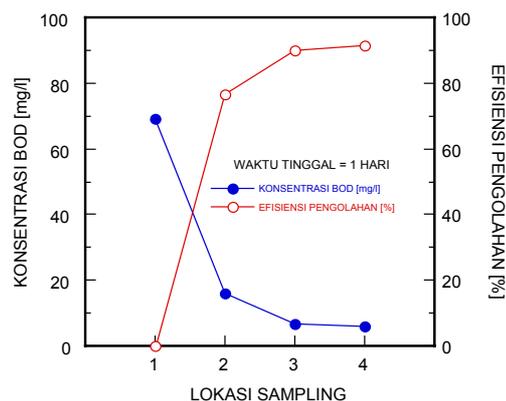
Percobaan 3 :

Percobaan tiga dilakukan dengan konsidi waktu tingal satu hari. Pemeriksaan BOD, COD, SS dan warna dilakukan setelah proses pengolahan berjalan satu minggu sejak wahtu tinggal di dalam reaktur diubah menjadi satu hari. Hasil analisa secara lengkap ditunjukkan seperti pada Tabel 5.

Dari hasil tersebut terlihat bahwa konsentrasi BOD di dalam air limbah yang masuk ke dalam reaktor 69 mg/l turun

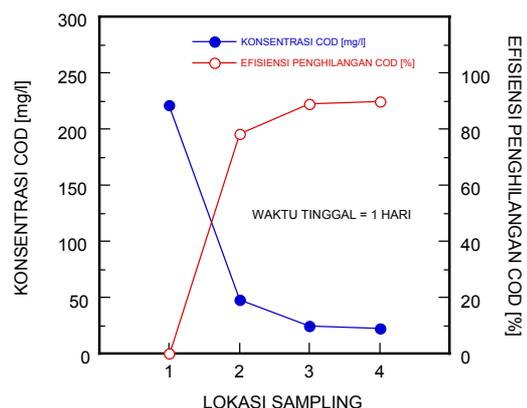
menjadi 6 mg/l, konsentrasi COD 221.3 mg/l turun menjadi 22.1 mg/l, konsentrasi SS 8200 mg/l turun menjadi 13 mg/l , dan konsentrasi warna 233 Pt-C turun mejadi 26 Pt-Co. Total efisensi penghilangan BOD 91.3 %, COD 90.01 %, SS 99.84 % dan Warna 88.84 %.

Grafik penurunan konsentrasi BOD, COD , SS dan Warna pada tiap titik lokasi sampling pada kondisi waktu tinggal satu hari ditunjukkan pada Gambar 10 sampai dengan Gambar 13.



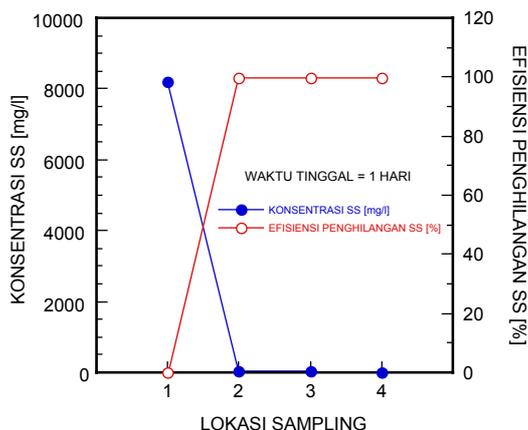
Keterangan :
 Waktu Tinggal di dalam reaktor = 1 hari. HRR = 1
 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 3 Air Olahan

Gambar 10 : Konsentrasi BOD di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.



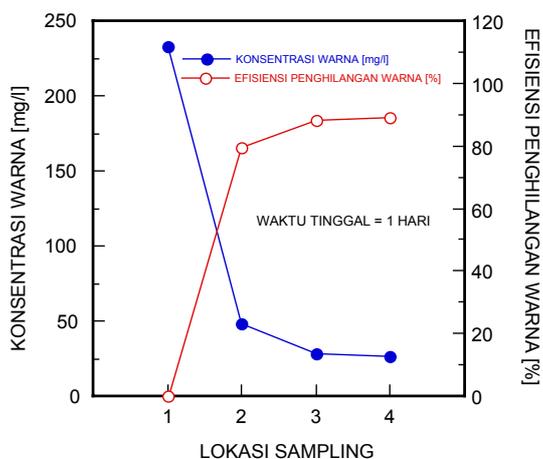
Keterangan :
 Waktu Tinggal di dalam reaktor = 1 hari. HRR = 1
 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 3 Air Olahan

Gambar 11 : Konsentrasi COD di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.



Keterangan :
 Waktu Tinggal di dalam reaktor = 1 hari. HRR = 1
 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 4 Air Olahan

Gambar 12 : Konsentrasi SS di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.



Keterangan :
 Waktu Tinggal di dalam reaktor = 1 hari. HRR = 1
 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 4 Air Olahan

Gambar 13 : Konsentrasi BOD di dalam air limbah dan air olahan berda-sarkan titik pengambilan contoh, serta efisiensi penghilangan.

Berdasarkan hasil dari percobaan satu sampai dengan percobaan tiga terlihat bahwa konsentrasi BOD dan COD di dalam air limbah yang masuk ke dalam reaktor sangat berfluktuasi sekali. Hal ini disebabkan karena proses pencucian jeans yang dilakukan pabrik

dimana air baku limbah tersebut diambil dilakukan secara batch sehingga air limbah yang keluar sangat dipengaruhi oleh proses yang sedang dijalankan. Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa pengolahan air limbah dengan dengan proses biofilter anaerob-aerob menggunakan media sarang tawon dengan waktu tinggal 1 – 3 hari dapat menghilangkan senyawa organik (BOD, COD), Zat Padat tersuspensi, serta warna dengan hasil yang cukup baik yakni masing-masing efisiensi penghilangan BOD 77.84 – 94.88 %, COD 73.91 – 94.23 %, zat padat tersuspensi (SS) 93.44 – 99.84 %, dan Warna 76.36 – 88.96 Pt-Co. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Dari hasil percobaan tersebut di atas dapat dilihat bahwa efisiensi penghilangan polutan pada bak pengendapan awal, zona anaerob dan zona aerob berbeda, dan efisiensi penghilangan polutan yang terbesar adalah di dalam bak pengendapan awal. Bak pengendapan awal selain berfungsi untuk mengendapkan zat padat tersuspensi juga berfungsi sebagai bak digester (pengurai).

Besarnya efisiensi penghilangan polutan di dalam bak pengendapan awal tersebut kemungkinan disebabkan karena sebagian besar polutan organik berada dalam keadaan tersuspensi sehingga jika zat pada tersuspensi yang ada di dalam air limbah dapat diendapkan maka sebagian besar zat organik yang ada didalam air limbah juga dapat dihilangkan, sedangkan sisanya akan diuraikan secara biologis di dalam zona anaerob dan zona aerob.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa :

- Proses biofilter menggunakan media plastik sarang tawon dapat digunakan untuk mengolah air limbah pencucian dan pewarnaan jeans dengan hasil yang baik.
- Dengan kondisi waktu tinggal 1-3 hari efisiensi penghilangan BOD, COD, SS dan Warna masing-masing yakni : BOD 77.84 – 94.88 %, COD 73.91 – 94.23 %, zat padat tersuspensi (SS) 93.44 – 99.84 %, dan Warna 76.36 – 88.96 Pt-Co.
- Proses pengolahan air limbah industri kecil pencucian dan pewarnaan jeans dengan proses biofilter anaerob-aerob menggunakan media sarang tawon cukup stabil, meskipun konsentrasi air baku limbah yang masuk berfluktuasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. ---*The Study On Urban Drainage And Waste Water Disposal Project In The City Of Jakarta*, JICA, December 1990.
2. ---, *Gesuidou Shissetsu Sekkei Shisin to Kaisetsu*, Nihon Gesuidou Kyoukai, 1984.
3. Fair, Gordon Maskew et.al., *"Elements Of Water Supply And Waste Water Disposal"*, John Willey And Sons Inc., 1971.
4. Gouda T., *Suisitsu Kougaku - Ouyouben*, Maruzen kabushiki Kaisha, Tokyo, 1979.
5. Hikami, Sumiko., *Shinseki rosohou ni yoru mizu shouri gijutsu (Water Treatment with Submerged Filter)*, Kougyou Yousui No.411, 12, 1992.
6. Metcalf And Eddy, *Waste Water Engineering*, Mc Graw Hill 1978.
7. Sueishi T., Sumitomo H., Yamada K., Dan Wada Y., *Eisei Kougaku (Sanitary Engineering)*, Kajima Shuppan Kai, Tokyo, 1987.
8. Viessman W, Jr., Hamer M.J., *Water Supply And Polution Control*, Harper & Row, New York, 1985.

RIWAYAT PENULIS

Nusa Idaman Said, Lahir di Jombang, 5 Mei 1959. Menyelesaikan pendidikan sarjana Teknik Kimia ITS, Surabaya tahun 1984. Pernah Mengikuti program Industrial Training untuk bidang Perencanaan Fasilitas Pengolahan Air Minum dan Air Limbah di Kyoto University, Jepang (Juli 1987 - Juli 1988). Menyelesaikan Program Master di bidang Environmental and Sanitary Engineering, di Kyoto University, Jepang pada tahun 1995. Sejak tahun 1985 sampai sekarang bekerja staf peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT

LAMPIRAN

Tabel 3 : Kualitas air limbah dan kualitas air olahan pada tiap titik pengambilan contoh , serta efisiensi penghilangan dengan waktu tinggal 3 hari.

| Lokasi Sampling | Konsentrasi Polutan Pada Air Limbah Dan Air Olahan dan Efisiensi Penghilangan | | | | | | | |
|-----------------|---|-------|---------|-------|---------|-------|---------------|-------|
| | BOD | | COD | | TSS | | Warna | |
| | (mg/l) | (%) | (mg/l) | (%) | (mg/l) | (%) | (skala Pt-Co) | (%) |
| 1 | 1424.00 | - | 3763.00 | - | 2105.00 | - | 1350.00 | - |
| 2 | 173.00 | 87.85 | 535.00 | 85.77 | 223.00 | 89.40 | 374.00 | 72.29 |
| 3 | 100.00 | 92.93 | 322.00 | 91.44 | 169.00 | 91.97 | 203.00 | 84.96 |
| 4 | 72.00 | 94.88 | 317.00 | 94.23 | 138.00 | 93.44 | 149.00 | 88.96 |

Keterangan : 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 4 Air Olahan
Pemeriksaan kuliatas dilakukan setelah proses berjalan satu minggu setelah proses seeding.

Tabel 4 : Kualitas air limbah dan kualitas air olahan pada tiap titik pengambilan contoh , serta efisiensi penghilangan, dengan waktu tinggal 2 hari.

| Lokasi Sampling | Konsentrasi Polutan Pada Air Limbah Dan Air Olahan dan Efisiensi Penghilangan | | | | | | | |
|-----------------|---|-------|--------|-------|---------|-------|---------------|-------|
| | BOD | | COD | | TSS | | Warna | |
| | (mg/l) | (%) | (mg/l) | (%) | (mg/l) | (%) | (skala Pt-Co) | (%) |
| 1 | 352.00 | - | 938.40 | - | 3490.00 | - | 715.00 | - |
| 2 | 152.00 | 56.70 | 440.60 | 53.04 | 195.00 | 94.41 | 316.00 | 49.51 |
| 3 | 73.80 | 79.03 | 236.6- | 74.78 | 99.00 | 97.16 | 178.00 | 75.10 |
| 4 | 78.00 | 77.84 | 244.80 | 73.91 | 89.00 | 97.45 | 169.00 | 76.36 |

Keterangan : 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 4 Air Olahan
Pemeriksaan kuliatas dilakukan setelah proses berjalan dua minggu setelah proses seeding.

Tabel 5 : Kualitas air limbah dan kualitas air olahan pada tiap titik pengambilan contoh , serta efisiensi penghilangan, dengan waktu tinggal 1 hari.

| Lokasi Sampling | Konsentrasi Polutan Pada Air Limbah Dan Air Olahan dan Efisiensi Penghilangan | | | | | | | |
|-----------------|---|-------|--------|-------|---------|-------|---------------|-------|
| | BOD | | COD | | TSS | | Warna | |
| | (mg/l) | (%) | (mg/l) | (%) | (mg/l) | (%) | (skala Pt-Co) | (%) |
| 1 | 69.00 | - | 221.30 | - | 8200.00 | - | 233.00 | - |
| 2 | 16.00 | 76.66 | 48.30 | 78.17 | 30.00 | 99.63 | 48.00 | 79.40 |
| 3 | 6.80 | 90.14 | 24.10 | 89.11 | 23.00 | 99,72 | 28.00 | 87.98 |
| 4 | 6.00 | 91.30 | 22.10 | 90.01 | 13.00 | 99.84 | 26.00 | 88.84 |

Keterangan : 1 Air Baku Limbah, 2 Setelah Bak Pengendap Awal, 3 Setelah zona Anaerob, 4 Air Olahan
Pemeriksaan kualitas dilakukan setelah proses berjalan tiga minggu setelah proses seeding.

Tabel 6 : Hasil analisa konsentrasi BOD, COC, SS dan warna sebelum dan sesudah pengolahan.

Efisiensi penghilangan BOD :

| Percobaan | BOD masuk (mg/l) | BOD keluar (mg/l) | Efisiensi (%) | Keterangan |
|-----------|------------------|-------------------|---------------|------------------------|
| 1 | 1424.00 | 72.80 | 94.88 | Waktu Tinggal = 3 hari |
| 2 | 352.00 | 78.00 | 77.84 | Waktu Tinggal = 2 hari |
| 3 | 69.00 | 6.0 | 91.30 | Waktu Tinggal = 1 hari |

Efisiensi penghilangan COD :

| Percobaan | COD masuk (mg/l) | COD keluar (mg/l) | Efisiensi (%) | Keterangan |
|-----------|------------------|-------------------|---------------|------------------------|
| 1 | 3763.60 | 217.00 | 94.23 | Waktu Tinggal = 3 hari |
| 2 | 938.40 | 244.80 | 73.91 | Waktu Tinggal = 2 hari |
| 3 | 221.30 | 22.10 | 90.01 | Waktu Tinggal = 1 hari |

Efisiensi penghilangan Zat Padat Tersuspensi (SS) :

| Percobaan | SS masuk (mg/l) | SS keluar (mg/l) | Efisiensi (%) | Keterangan |
|-----------|-----------------|------------------|---------------|------------------------|
| 1 | 2105.00 | 138.00 | 93.44 | Waktu Tinggal = 3 hari |
| 2 | 3490.00 | 89.00 | 97.45 | Waktu Tinggal = 2 hari |
| 3 | 8200.00 | 13.00 | 99.84 | Waktu Tinggal = 1 hari |

Efisiensi penghilangan Warna :

| Percobaan | Warna masuk (skala Pt-Co) | warna keluar (skala Pt-Co) | Efisiensi (%) | Keterangan |
|-----------|---------------------------|----------------------------|---------------|------------------------|
| 1 | 1350.00 | 149.00 | 88.96 | Waktu Tinggal = 3 hari |
| 2 | 715.00 | 169.00 | 76.36 | Waktu Tinggal = 2 hari |
| 3 | 233.00 | 26.00 | 88.84 | Waktu Tinggal = 1 hari |