PENINGKATAN KINERJA LUMPUR AKTIF DENGAN PENAMBAHAN KARBON AKTIF DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL PEWARNAAN DENGAN ZAT WARNA INDIGO & SULFUR

IMPROVEMENT OF ACTIVITED SLUDGE PERFORMANCE BY ADDING ACTIVATED CARBON IN THE WASTEWATER TREATMENT OF TEXTILE INDUSTRY WITH INDIGO AND SULFUR DYEING

Sri Moertinah, Djarwanti, Sartamtomo, Rieke Yuliastuti, Rustiana Yuliasni (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Semarang) riekeyuliastuti@yahoo.com

ABSTRAK

Air limbah industri tekstil dengan pewarnaan apabila tidak dikelola secara benar dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Saat ini umumnya pengolahan air limbah industri tekstil yang sudah memenuhi Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) masih menggunakan sistem gabungan koagulasi kimia dan biologi lumpur aktif. Permasalahan yang kemudian timbul dari sistem tersebut adalah terjadinya lumpur kimia yang sulit untuk diolah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan teknologi pengolahan limbah industri tekstil dengan zat warna indigo dan sulfur, yang tidak menghasilkan lumpur kimia, dengan cara menambahkan karbon aktif langsung ke dalam sistem lumpur aktif. Penelitian ini dimulai dari percobaan dengan skala laboratorium secara batch dan kontinyu untuk menentukan kondisi optimum, kemudian hasil optimum dari kedua percobaan tersebut diterapkan pada skala industri dilapangan .

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengurangi kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* dan mengurangi volume pengendapan lumpur kimia, selain itu juga meningkatkan penghilangan warna dan bahan-bahan beracun, meningkatkan ketahanan mikroba dalam air limbah, serta mengurangi luas lahan yang diperlukan untuk pembangunan IPAL (Instalasi Pengolah Air Limbah).

Hasil penelitian pengolahan air limbah zat warna indigo baik secara laboratorium maupun uji coba lapangan, menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif langsung kedalam sistem lumpur aktif akan meningkatkan kinerja lumpur aktif. Dari hasil uji coba di lapangan terhadap pengolahan limbah pencelupan dengan zat warna indigo, menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif 400 mg/l dan waktu aerasi selama 24 jam, DO ≥ 2 ppm; MLSS = 3000 ppm; pada pH = ±7, telah menghasilkan semua parameter air limbah terolah dengan baik, dan sudah memenuhi Baku Mutu Limbah Cair industri tekstil yang dipersyaratkan. Sedangkan pada pengolahan air limbah zat warna sulfur, secara laboratorium menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif langsung ke dalam sistem lumpur aktif akan meningkatkan kinerja lumpur aktif. Dengan penambahan karbon aktif 800 mg/l dan waktu aerasi selama 48 jam; DO ≥ 2 ppm; MLSS = 3000 ppm; pada pH = ±7, menunjukkan COD air limbah sudah memenuhi Baku Mutu Limbah Cair industri tekstil yang dipersyaratkan.

Dibandingkan dengan sistem pengolahan air limbah industri yang diteliti menggunakan cara gabungan koagulasi $FeSO_4$ – biologi lumpur aktif, maka terbukti bahwa pengolahan limbah pencelupan dengan zat warna indigo, menggunakan karbon aktif yang ditambahkan langsung ke dalam sistem lumpur aktif, dapat menurunkan biaya per-m^3 air limbah, dengan kebutuhan lahan yang lebih kecil, selain itu juga tidak dihasilkan lumpur kimia yang membutuhkan pengelolaan khusus.

Kata kunci : air limbah tekstil pewarnaan, karbon aktif, lumpur aktif

ABSTRACT

Wastewater from textile dyeing industry, that was not well treated, will cause environmental pollution. Most of textile industries, nowadays, which have fulfilled the standard requirement for wastewater disposal still use the combination of chemical coagulation and biological activated sludge. The problem from such system is the formation of chemical sludge which will be difficult to be treated.

This research's goal is getting non chemical sludge to the wastewater technology from textile industry with indigo and sulfur dyeing, by adding activated carbon directly into the activated sludge reactor. The research started in the laboratory scale, both for batch and continue process, to estimate the optimum condition and then to be applied for industrial scale in the real wastewater plant.

The Research's advantages of adding activated carbon directly into the activated sludge reactor of the wastewater technology from textile industry with indigo and sulfur dyeing, are reducing COD (Chemical Oxygen Demand) concentration and chemical sludge sedimentation, improving colour and removing toxic matters, improving resilience of bacteria in the wastewater, as well as reduction of the area required for wastewater plant development.

The Research activities in both laboratory and field trials, showed that the addition of activated carbon in the activated sludge system can improve the performance of activated sludge. It is concluded from the field trials, that addition of 400 mg/l activated Carbon for the aeration time of 24 hours(DO e" 2 ppm; MLSS = 3000 ppm; at pH ± 7, has improved the treated wastewater of indigo dyeing, and has already fulfilled the standard requirement for wastewater disposal. While the same treatment that has been applied to the wastewater of sulfur dyeing, in the laboratory scale, has also improved. The addition of more than 800 mg/l activated carbon for the aeration time of 48 hours, DO e" 2 ppm; MLSS = 3000 ppm; at pH ± 7, has obtained the COD concentration fulfilling the standard requirement for wastewater disposal.

Compared to the studies of industrial wastewater treatment using combination of FeSO4 Coagulation biological activated sludge, it is proven that wastewater technology from indigo dyeing, with the addition of activated carbon in the activated sludge, will reduce the cost of the wastewater treatment per m^3, which requires smaller field, and also no need special treatment for chemical sludge.

Keywords: Dyeing textile wastewater, activated carbon, activated sludge.

PENDAHULUAN

Industri tekstil di Indonesia sangat beragam mulai dari skala kecil, menengah, dan besar, kapasitas produksi, teknologi, jenis produk, jenis bahan baku dan jenis pewarna. Banyak pabrik yang hanya melakukan beberapa atau sebagian proses, tetapi ada pula suatu pabrik yang terintegrasi dimulai dari pembuatan benang, pembuatan kain (pertenunan/perajutan), penyempurnaan kain termasuk pewarnaan, bahkan dilengkapi dengan garmen. Dengan demikian permasalahan yang dihadapi dan dampaknya terhadap lingkungan sangat dipengaruhi oleh variasi bahan baku, teknologi proses, bahan pewarna dan jumlah produk yang dihasilkan (Isminingsih G, 2002).

Zat warna indigo dan sulfur (belerang) termasuk zat warna yang tidak larut dalam air, dan baru dapat meresap ke dalam kain kapas dan rayon, setelah zat warna tereduksi sehingga terbentuk leuko yang larut sebagai garam natrium. Kemudian akan teroksidasi baik oleh oksigen dalam air, udara atau dengan penambahan oksidator, sehingga mengendap di dalam bahan tekstil yang menyebabkan tidak mudah luntur dalam pencucian. Untuk zat warna yang tidak terserap kedalam bahan, didalam air limbah akan mudah mengendap, menjadi senyawa karbonil sebagai pigmen indigo atau senyawa disulfida sebagai pigmen belerang/sulfur (Isminingsih G, 2008).

Air limbah industri tekstil dengan pewarnaan apabila tidak dikelola secara benar dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Parameter kunci yang menyebabkan pencemaran adalah BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), DO (*Degree of Oxygen*), pH, TSS (*Total Suspended Solid*), Cr (Krom), amonia, sulfida, phenol, dan minyak, serta MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solid*).

Pada saat ini umumnya pengolahan air limbah industri tekstil pewarnaan yang dipergunakan adalah proses koagulasi kimia-biologi lumpur aktif. Dengan cara ini walaupun air limbah terolah dapat memenuhi Baku Mutu Limbah Cair, ternyata dihasilkan lumpur kimia yang menimbulkan permasalahan dalam pengelolaannya karena diklasifikasikan sebagai limbah B-3 (Anonim, 2000).

Menurut David G Huttton, 1978, kinerja sistem pengolahan biologi lumpur aktif dapat ditingkatkan dengan penambahan karbon aktif kedalam sistem pengolahan, sehingga produksi lumpur kimia yang dihasilkan akan lebih sedikit. Selain itu keuntungan lain yaitu:

- Mengurangi BOD dan COD oleh adsorsi dan memperbaiki pengendapannya.
- Meningkatkan penghilangan warna dan bahan-bahan beracun
- Mengurangi busa dengan adsorpsi pada permukaan karbon aktif
- Meningkatkan efisiensi pengolahan
- Mengurangi bulking sludge
- Meningkatkan ketahanan mikroba dalam air limbah

Pada proses lumpur aktif senyawa organik akan diuraikan secara biologis oleh aktifitas mikroba yang tumbuh tersuspensi diseluruh kedalaman cairan didalam bioreaktor. Mekanisme yang terjadi melalui dua tahap, yaitu penyerapan secara fisika-kimiawi dan interaksi antar partikel-partikel terlarut menjadi suspensi yang kemudian terpisahkan dari air limbah. Selanjutnya adalah tahap stabilisasi yang dapat berlangsung secara pararel melalui penyerapan polutan organik ke dalam partikel biomassa yang diuraikan menjadi gas CO_2 dan H_2O oleh aktifitas mikroba. Proses lumpur aktif sangat sensitif terhadap perubahan kondisi dan lonjakan beban polutan.

Penambahan serbuk karbon aktif ke dalam lumpur aktif berfungsi menyerap warna secara adsorbsi, selain itu juga membantu pertumbuhan lumpur aktif yaitu sebagai media sehingga biomassa lumpur aktif bertambah. Dengan adanya penambahan karbon aktif ke dalam sistem pengolahan lumpur aktif untuk industri tekstil dengan zat warna indigo dan sulfur yang oleh oksigen dalam air telah menjadi pigmen indigo dan sulfur yang mengendap, akan terjadi interaksi penyerapan yang sinergi antara partikel biomassa lumpur aktif dengan karbon aktif yang mengakibatkan kapasitas penyerapan dan reduksi polutan organik menjadi lebih besar. Selain itu adanya

serbuk karbon aktif dapat pula meredam efek racun ataupun lonjakan beban sehingga sistem lumpur aktif dapat dipertahankan lebih stabil.

Konsep gabungan pengolahan air limbah industri tekstil pewarnaan dengan koagulasi kimia dan lumpur aktif dicampur langsung dengan karbon aktif telah diterapkan dibeberapa industri di Amerika. Dengan cara tersebut walaupun hasil olahan air limbah telah memenuhi Baku Mutu namun masih dihasilkan lumpur kimia.

Dalam rangka membantu pengusaha tekstil pewarnaaan di Indonesia, untuk menyelesaikan masalah lumpur kimia yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah dengan cara gabungan koagulasi kimia-biologi lumpur aktif, maka dilakukan penelitian peningkatan kinerja lumpur aktif dengan penambahan karbon aktif dalam pengolahan air limbahnya, tanpa proses koagulasi kimia. Diharapkan dengan cara pengolahan tersebut selain berbagai keuntungan yang telah disebutkan juga tidak akan dihasilkan lumpur kimia yang membutuhkan pengolahan khusus.

Tujuan penelitian adalah mendapatkan teknologi pengolahan air limbah industri tekstil pewarnaan dengan zat warna indigo dan sulfur yang tidak menghasilkan lumpur kimia.

Sasaran penelitian adalah mengganti cara pengolahan air limbah industri tekstil mengandung zat warna indigo dan sulfur, yang biasa dilakukan secara penggabungan koagulasi kimia dan biologi lumpur aktif, diganti dengan pengolahan langsung cara biologi lumpur aktif dicampur dengan karbon aktif.

Pencampuran karbon aktif langsung kedalam sistem lumpur aktif, akan menambah interaksi penyerapan yang sinergi antara partikel biomassa lumpur aktif dengan karbon aktif. Hal tersebut mengakibatkan kapasitas penyerapan dan pengurangan polutan organik menjadi lebih besar, dapat memisahkan pigmen indigo dan sulfur yang mengendap,. sehingga limbah cair memenuhi syarat untuk dibuang ke lingkungan dan tidak dihasilkan lumpur kimia.

METODE PENELITIAN

Lokasi

Penelitian dilaksanakan dengan melakukan percobaan Laboratorium Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI) – Semarang, kemudian dilakukan uji lapangan di Salah satu industri tekstil warna indigo dan sulfur di Jawa Tengah.

Bahan

Bahan Baku Penelitian adalah air limbah industri tekstil pewarnaan indigo dan *blacksulfur*. Bahan Penolong adalah karbon aktif 200 -300 mesh dengan bilangan Yod.1134,2 mg/g dan lumpur mikroba aerob diambil dari IPAL lumpur aktif industri tekstil. Bahan kimia yang digunakan bahan kimia untuk analisa COD, BOD, TSS, amonia, Sulfida, Phenol, pH, minyak dan lemak, serta MLSS.

Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas alat benchscale, prototipe lumpur aktif, dan alat analisa air limbah. Alat *benchscale* Lumpur Aktif terdiri dari digital pompa, bak aerasi kaca, aerator. Prototipe lumpur aktif terdiri dari Digital pompa, Bak stainless steel, Aerator dan lain-lain.

Prosedur Penelitian

1). Pemilihan Lokasi Penelitian dan Identifikasi Karakteristik Air Limbah.

Dari kajian data sekunder ditentukan industri tekstil warna indigo dan sulfur yang akan didatangi, dievaluasi dan dipilih untuk lokasi penelitian.

Identifikasi dan karakteristik beban cemaran dan pengumpulan data dilaksanakan di dua industri tekstil warna indigo dan sulfur di Jawa Tengah. Pengambilan contoh pada air limbah baku yang masuk ke IPAL beberapa kali dan tiap langkah pengolahan dan effluent. Selanjutnya dilakukan analisa laboratorium mengacu pada parameter kunci air limbah industri tekstil BMLC

industri tektil Jateng Perda No. 10 tahun 2004 dengan metode analisa mengacu standar methode APHA AWWA 2005.

2). Percobaan Pengolahan air limbah
Pengolahan air limbah dilakukan secara:
Skala Laboratorium: batch dan kontinyu
Penerapan di lapangan: kontinyu

3). Tahapan percobaan
Percobaan diawali dengan proses aklimatisasi. Setelah aklimatisasi selesai dilanjutkan dengan percobaan secara batch ataupun secara kontinyu.

4). Variabel percobaan laboratorium Parameter tetap

MLSS : 3000 mg/l

DO : ≥ 2 ppm

pH : 6 – 8

Parameter yang divariabel
Jenis zat warna : sulfur dan indigo
Konsentrasi karbon aktif : 100, 200, 400, 600, 800 dan 1000 ppm
Waktu aerasi :
Batch : 8, 16, 24, 36 dan 48 jam.
Kontinyu : 24, 36 dan 48 jam.
Konsentrasi COD air limbah : 1000-4000 ppm (kontinyu)
Sebagai pembanding dilakukan percobaan tanpa penambahan karbon aktif (blanko)

5). Uji Coba Lapangan
Dilakukan percobaan di pabrik secara kontinyu pada kondisi optimal yang diperoleh dari percobaan secara laboratorium.

6). Analisa Air Limbah
Setiap variabel percobaan diuji kandungan CODnya sebelum dan sesudah percobaan. Pada penerapan di lapangan parameter yang diuji sesuai dengan BMLC industri tekstil. Metode Analisa mengacu Standar Method APPA-AWWA.

Evaluasi Data

Sebagai tolak ukur evaluasi percobaan adalah prosentase penurunan COD dari masing-masing percobaan. Dengan mem-bandingkan konsentrasi penurunan COD sebelum dan sesudah pengolahan, maka akan didapatkan efisiensi pengolahan sehingga kondisi operasional yang paling optimal dapat ditentukan. Hasil akhirnya dianalisa sesuai BMLC Industri tekstil yang berlaku di Jawa Tengah yaitu peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No.10 Tahun 2004 Tentang baku mutu air limbah.

Batasan Penelitian

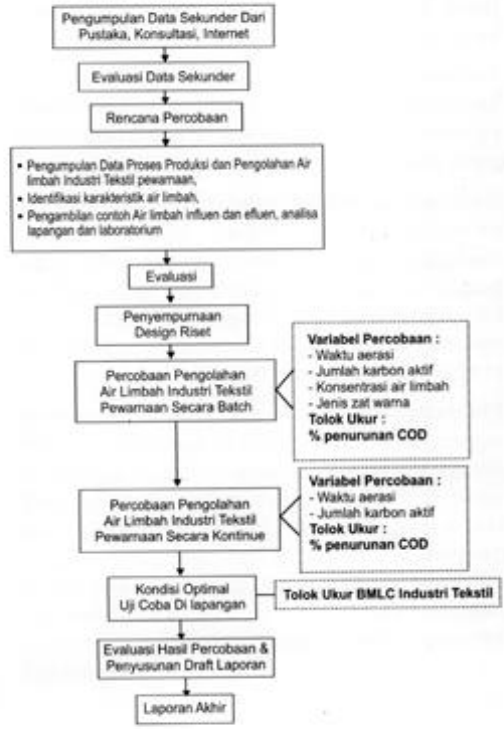
1). Industri tekstil yang diteliti adalah salah satu industri tekstil warna indigo dan sulfur di Jawa Tengah yang mengolah air limbahnya dengan koagulasi kimia biologi lumpur aktif dan sudah memenuhi BMLC

2). Pengamatan lapangan dan dan pengambilan contoh air limah dilakukan pada saat industri beroperasi.

3). Karbon aktif yang digunakan dipilih jenis karbon aktif yang kualitasnya baik dengan nilai bilangan YOD sekitar 1000.

4). Air limbah yang diolah diambil dari bak equalisasi.

Rangkaian Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Lokasi Dan Identifikasi Karakteristik Air Limbah

Dari kajian data sekunder maka dipilih 2 industri tekstil warna indigo dan sulfur untuk dievaluasi yaitu PT Damatex di Salatiga dan PT Apac Inti Corpora di Ungaran. Diinformasikan bahwa kedua industri tersebut sudah memiliki IPAL (Instalasi Pengolah Air Limbah). Dari hasil penelitian dari kedua industri tersebut, maka yang dipilih adalah PT Apac Inti Corpora. Dengan pertimbangan setelah dilihat dilapangan PT Damatex mengolah air limbahnya dengan koagulasi kimia-aerasi.

Sedang PT Apac inti Corpora mengolah air limbahnya dengan koagulasi kimia biologis lumpur aktif dengan demikian nantinya dapat dibandingkan efisiensi pengolahan secara kogulasi kimia - biologi lumpur aktif yang menghasilkan lumpur kimia dan hasil penelitian pengolahan karbon aktif yang langsung dicampurkan pada sistem biologis lumpur aktif. Pertimbangan lain perusahaan juga tidak berkeberatan apabila dipakai sebagai lokasi penelitian. Hasil identifikasi karakter air limbah disajikan pada tabel 1

Tabel 1. Hasil identifikasi karakteristik air limbah PT. Damatek dan PT APAC Inti Corpora

Parameter	Satuan	PT. DAMATEK		PT. APAC Inti Corpora		BMLC
		influen	effluen	influen	effluen	
I. Fisika						
Suhu	°C	37 - 40	27	34,7 - 35,4	27	38
TSS	mg/l	96 - 359	11	662 – 1477	11	50
II. Kimia						
BOD	mg/l	132,1 - 1008	13,44	672 – 998,4	13,44	60
COD	mg/l	273,4 - 1600	63,45	1210 – 1367	63,45	150
Phenol Total	mg/l	0,086 – 0,326	0,326	2,23 – 3,44	0,326	0,5
Krom Total	mg/l	< 0,003	<0,03	< 0,33	< 0,03	1
Amoniak Total	mg/l	5 – 6,5	0,3	11 – 31,63	0,3	8
Sulfida	mg/l	0,156 – 1,1717	0,312	1,298 - 8,917	0,312	0,3
Minyak & lemak	mg/l	1 - 24	0,1	5 – 16,25	0,1	3
pH		9 – 11	8,53	8,89 – 11,67	8,53	6-9
III. Debit	m³/hari	1800		800 - 1800		

Keterangan :
- Sampel diambil pada tanggal 14 – 15 juli 2009
- Influen diambil pada bak ekualisasi
- Baku Mutu yang digunakan adalah Baku Mutu Limbah Cair Tekstil dalam Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No.10 Th.2004

PT Apac Inti Corpora adalah Industri tekstil katun warna celup dengan zat warna indigo dan zat warna sulfur. Sumber air limbah dari *rope dyeing, finishing* dan *weaving*. Debit air limbah rata-rata 1500 m³/hari. Air limbah diolah dengan cara koagulasi kimia-biologi lumpur aktif. Pada umumnya, air limbah terolah sudah memenuhi BMLC industri tekstil pewarnaan yang dipersyaratkan. Kadang pada saat tertentu beban cemaran *raw waste* cukup tinggi kadang ada beberapa parameter yang melewati ambang batas, sehingga diluar kapasitas IPAL yang ada. Parameter COD kadang mencapai 2500 mg/L. Selain itu untuk zat warna yang kandungan sulfurnya cukup tinggi menyebabkan IPAL mengalami kesulitan sehingga dilewatkan dalam saringan karbon aktif. Untuk mengatasi permasalahan ini, sebaiknya perusahaan meningkatkan upaya *internal treatment* yang sudah dilakukan, harus dijaga supaya air limbah di bak ekualisasi tidak terlalu berfluktuatif sehingga sesuai dengan kemampuan IPAL yang dipunyai.

PT Damatex adalah industri tekstil integrasi katun warna celup dan printing. Sumber air limbah dari *dyeing, pretreatment* dan *printing*. Debit rata-rata air limbah 1500 m3/hari. Air limbah diolah dengan cara koagulasi kimia aerasi. Air limbah terolah umumnya sudah memenuhi BMLC industri tekstil pewarnaan yang dipersyaratkan, hanya pada saat tertentu yaitu pada kapasitas produksi yang tinggi IPAL tidak mampu mengolah air limbah karena diluar desain kapasitas IPAL, atau kemungkinan juga pada saat adanya zat organik terlarut pada air limbah yang cukup tinggi, karena kalau dilihat sistem pengolahan air limbah yang ada hanya sistem pengolahan fisika-kimia belum dilengkapi dengan proses biologis yang berfungsi untuk memecah senyawa organik terlarut.

PT APAC Inti Corpora dan PT Damatex mempunyai permasalahan yang sama yaitu adanya limbah padat kimia yang dihasilkan dari pengolahan air limbahnya.

Hasil Pengolahan Industri Tekstil

Penelitian pengolahan air limbah industri tekstil gabungan sistem lumpur aktif dan karbon aktif secara laboratorium dilakukan secara batch dan secara kontinyu dengan berbagai variasi percobaan. Hasil percobaan secara batch merupakan dasar percobaan secara kontinyu.

Percobaan secara batch dilaksanakan untuk zat warna indigo dan zat warna sulfur sedang percobaan secara kontinyu dan uji coba skala lapangan karena keterbatasan waktu penelitian hanya dilakukan terhadap zat warna indigo.

Mekanisme secara tepat mengenai bagaimana kerja karbon aktif didalam proses gabungan sistem lumpur aktif dan karbon aktif waktu ini secara keseluruhan belum diketahui. Sebagian proses yang dapat diperkirakan adalah adanya regenarasi secara biologis dari karbon aktif yang telah digunakan. Dengan dasar tersebut maka diperkirakan ada empat proses yang terjadi disini yaitu :

1). Adsorpsi yang terjadi dipermukaan karbon aktif

2). Adsorpsi secara biologis dan degradasi dari endapan karbon yang sudah dipakai.

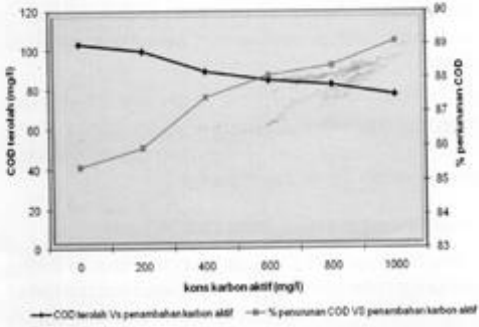
3). Pengaktifan karbon oleh aksi biologis. Mikroorganisme yang ada memecah dan menghancurkan zat-zat pencemar, karena itu lokasi-lokasi dipermukaan diaktifkan kembali untuk penyerapan lebih jauh.

4). Memperbaiki pengendapan padatan dalam *clarifier*, meperendah BOD dan padatan tersuspensi dari effluent.

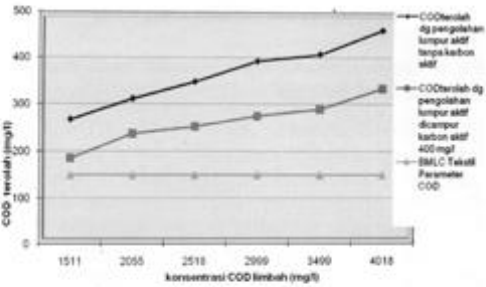
1. Penelitian Laboratorium

a. Air limbah zat warna sulfur.

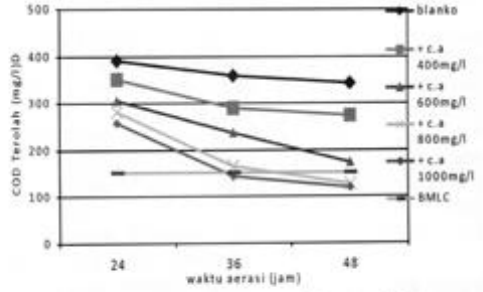
Kondisi Operasional yang harus dijaga MLSS = 3000 mg/L, DOe" 2 ppm, pH = 6 – 8, Hasil penelitian disajikan pada gambar 2 – 4 di bawah ini



Gambar 2. Grafik hubungan penambahan karbon aktif dengan % penurunan COD pada percobaan secara batch untuk zat warna sulfur



Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi COD limbah yang diolah dengan COD terolah pada percobaan secara batch untuk zat warna sulfur



Gambar 4. Grafik hubungan waktu aerasi dengan COD terolah pada variabel penambahan karbon aktif, pada percobaan secara batch untuk zat warna sulfur dengan COD awal maksimum perusahaan.

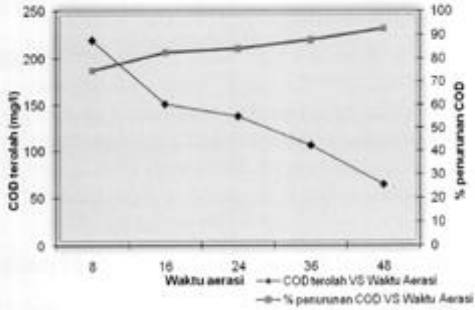
Dari grafik terlihat makin banyak karbon aktif yang ditambahkan, maka polutan yang diserap juga makin banyak sehingga % penurunan COD makin meningkat. Demikian juga makin tinggi konsentrasi COD air limbah, maka % penurunan COD juga makin maningkat. Percobaan juga menunjukkan makin lama waktu aerasi yang berarti makin lama pula kontak karbon aktif dalam air limbah, maka penyerapan karbon aktif terhadap polutan dan peruraian zat organik oleh mikroba makin sempurna sehingga nilai COD makin menurun dan % penurunan COD makin meningkat.

Berdasarkan penelitian skala labora-torium secara batch tersebut, supaya air limbah masih memenuhi BMLC industri tekstil PERDA jateng No. 10 tahun 2004 dimana untuk parameter COD yang dibuang ke lingkungan dipersyaratkan 150 mg/l, maka COD air limbah maksimum yang dapat diolah adalah 2120 mg/L, karbon aktif yang harus ditambahkan pada lumpur aktif adalah 800 mg/L dengan waktu aerasi 48 jam atau 1000 mg/L dengan waktu aerasi 36 jam.

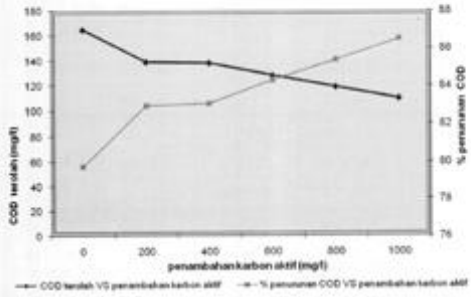
Dengan adanya penambahan karbon aktif maka dapat mengingkatkan kinerja lumpur aktif sehingga COD effluent dapat memenuhi baku mutu limbah cair industri tekstil yang dipersyaratkan, apabila tidak ditambahkan karbon akti pada system lumpur aktif maka pada kondisi tersebut diatas, air limbah terolah masih belum memenuhi baku mutu limbah cair industri tekstil. Dengan penambahan karbon aktif 800 mg/l dan waktu aerasi 48 jam atau dengan penambahan karbon aktif 1000 mg/l dengan waktu aerasi 36 jam, maka % penurunan COD meningkat menjadi 94,08 % dan 93,33 %.

b. Air limbah zat warna indigo

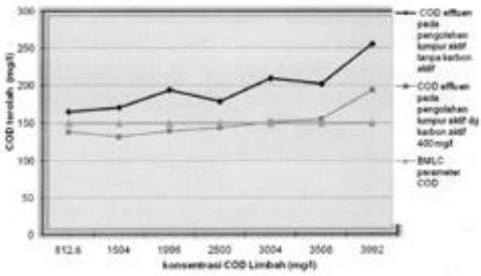
Untuk air limbah zat warna indigo diolah secara *batch* dan *kontinyu*. Selanjutnya hasil penelitian kondisi operasi optimum laboratorium diuji cobakan di lapangan de-ngan berbagai variabel percobaan. Kondisi operasional yang harus dijaga adalah MLSS = 3000 mg/L, DOe" 2 ppm, pH = 6 – 8. Hasil penelitian disajikan pada gambar 5 – 9



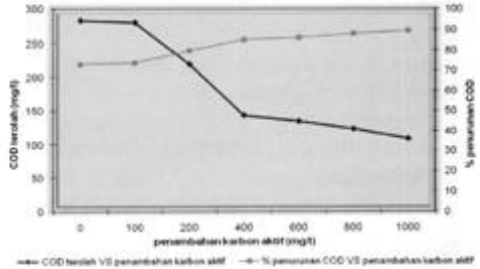
Gambar 5. Grafik Hubungan antara penurunan COD dengan variabel waktu Aerasi pada percobaan secara batch untuk zat warna indigo



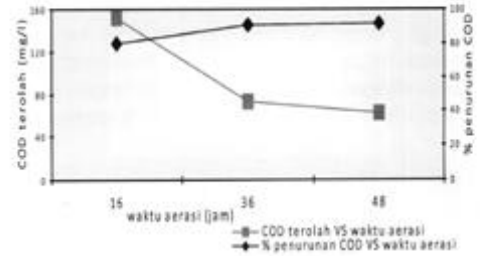
Gambar 6. Grafik hubungan penambahan karbon aktif dengan % penurunan COD pada percobaan secara batch untuk zat warna indigo



Gambar 7. Grafik hubungan konsentrasi COD limbah yang diolah dengan COD terolah pada percobaan secara batch untuk zat warna indigo



Gambar 8. Grafik hubungan penambahan karbon aktif dengan % penurunan COD pada percobaan secara kontinyu untuk zat warna indigo



Gambar 9. Grafik hubungan waktu aerasi dengan % penurunan COD pada percobaan secara kontinyu untuk zat warna indigo

Dari grafik terlihat, makin lama waktu aerasi maka penyerapan karbon aktif terhadap polutan dan peruraian zat organik oleh mikroba makin sempurna sehingga nilai COD air limbah terolah juga makin menurun. Semakin banyak karbon aktif yang ditambahkan, COD air limbah makin menurun karena jumlah polutan yang diserap juga semakin banyak. Pada variabel konsentrasi COD air limbah, ternyata makin tinggi konsentrasi COD air limbah % penurunan COD air limbah juga makin meningkat. Dari percobaan laboratorium secara batch, konsentrasi maksimum COD

yang dapat diolah supaya COD air limbah terolah masih memenuhi BMLC industri tekstil pewarnaan PERDA jateng No. 10 tahun 2004, yaitu 150 mg/L, maka COD awal maksimum air limbah yang dapat diolah = 2500mg/l sedangkan jumlah karbon aktif yang ditambahkan adalah 400 mg/L dan waktu aerasi 24 jam. Pada kondisi tersebut apabila tidak ditambahkan karbon aktif ke dalam sistem lumpur aktif maka COD air limbah terolah masih belum memenuhi Baku Mutu Limbah Cair industri tekstil. Dengan penambahan 400mg/l karbon aktif dan waktu aerasi 24 jam maka % penurunan COD meningkat menjadi 94,26 % dan air limbah terolah sudah memenuhi syarat baku mutu limbah cair yang dibuang ke lingkungan.

2. Hasil Uji Coba Kondisi Optimum di Lapangan

Hasil optimum percobaan kontinyu skala laboratorium, diujicobakan pada unit IPAL skala lapangan yang dibuat dari stainless steel dan diujicobakan pada air limbah PT Apac Inti Corpora di lokasi perusahaaan. Air dari bak ekualisasi perusahaan diambil sebagian kecil dengan debit tertentu yang masuk ke IPAL secara lapangan. Kondisi operasional yang harus dijaga adalah MLSS = 3000 mg/L, DOe" 2 ppm, pH = 6 – 8, Konsentrasi karbon akltif yang ditambahkan 0, 400, dan 600 mg/L dan waktu aerasi 24 jam.Hasil uji coba disajikan pada tabel 9 dan 10

Dari hasil uji coba lapangan terlihat bahwa dengan penambahan karbon aktif maka kinerja lumpur aktif juga makin meningkat. Pada saat uji coba lapangan, zat warna yang digunakan pada perusahaan adalah zat warna indigo, sedangkan COD air limbah yang masuk IPAL cukup bagus yaitu sekitar 721,86 ppm. Kenyataan di lapangan walaupun sudah ada bak penyeragam, namun COD baku air limbah yang masuk IPAL adalah berfluktuasi dimana COD maksimum mencapai sebesar 2500 mg/l. Dari hasil uji coba nampaknya hasil percobaan skala laboratorium maupun skala lapangan tidak berbeda jauh.

Apabila hasil analisa parameter air limbah terolah percobaan pada kondisi operasi optimum dibandingkan dengan parameter BMLC industri tekstil Perda Jateng No 10 maka semua parameter air limbah terolah tersebut sudah memenuhi.

Dibandingkan dengan hasil olahan air limbah P.T APAC Inti Corpora yang menggunakan sistem koagulasi kimia - biologis lumpur aktif - pengendapan - penyaringan sand filter hasil air limbah terolah hampir memenuhi BMLC, hanya pada saat pengambilan contoh untuk parameter

Tabel 9. Hubungan antara penurunan COD dengan variabel konsentrasi karbon aktif pada uji coba di lapangan

Hari Ke	0 (blanko)			+ karbon aktif 400 mg/l			+ karbon aktif 600 mg/l		
	CODinf (mg/l)	CODeff (mg/l)	Eff (%)	CODinf (mg/l)	CODeff (mg/l)	Eff (%)	CODinf (mg/l)	CODeff (mg/l)	Eff (%)
1	740,9	126,9	82,87	775,5	69,49	91,04	623,1	52,87	91,52
2	761,5	133,6	82,46	768,1	95,57	87,56	768,1	84,69	88,97
3	789,1	177,9	77,46	765,7	102,6	86,60	726,6	74,59	89,73
4	724,3	95,92	86,76	743,2	66,47	91,06	694,2	45,32	93,47
5	675,2	88,37	86,91	689,6	68,73	90,03	722,8	51,36	82,89
6	582,3	89,88	84,56	618,6	74,02	88,03	611,8	54,38	91,11
7	710	74,41	89,52	764,6	66,06	91,36	741,8	55,43	92,53
7	733,5	91,88	87,47	758,5	65,30	91,39	728,9	59,23	91,87
8	753,9	82	89,12	758,5	66,82	91,19	755,5	61,5	91,86
9	747,9	80,49	89,24	753,9	66,82	91,14	758,5	59,98	92,09
Rata 2	721,86	104,14	85,64	739,62	74,19	89,94	713,13	59,94	90,60

Tabel 10. Hasil pengolahan air limbah menggunakan lumpur aktif dicampur karbon aktif dibanding effluen pengolah limbah PT. APAC Inti Corpora

No	Parameter (mg/l)	Infl.	Karbon Aktif Yang Ditambahkan ke Lumpur Aktif *) (mg/L)				IPAL PT. APAC Inti Corpora						BML C Teksti **)
			400		600		Efl. Koagulasi		Efl. Lumpur Aktif		Efl. sand filter		
			Efl.	%Efi.	Efl.	%Efi.	Efl.	%Efi.	Efl.	%Efi.	Efl.	%Efi.	
1	BOD	614,4	11,9	98,06	6,144	99	518,4	15,63	13,44	97,81	18,43	97	60
2	TSS	406	14	96,99	16	96,57	314	32,62	15	96,78	13	97,21	50
3	COD	933,6	61,22	92,66	52,89	94,33	497,7	46,69	26,39	97,17	24,13	97,42	150
4	Sulfida	0,575	0,002	99,65	0,002	99,65	14,17	Naik	0,158	72,52	0,449	21,91	0,3
5	Amoniak	6,225	0,325	94,77	2,60	58,23	2,05	67,07	0,226	96,37	0,319	94,88	8
6	Cr Total	0,064	0,02	68,7	0,054	15,49	0,063	2,66	0,035	44,76	0,013	78,87	1
7	Minyak	5	0,2	96	0,050	99	5	0	0,15	97	0,05	99	3
8	Fenol	0,503	0,003	98,4	0,006	98,81	1,082	Naik	0,025	95,03	0,005	99,01	0,5
9	Warna(pt Co)	1052	95	90,96	170	83,84	371	64,73	56	94,68	60	94,30	

Sulfida, air limbah terolah P.T APAC Inti Corpora tersebut sedikit melewati ambang batas yang kemungkinan disebabkan oleh sand filter perusahan yang sudah saatnya untuk dicuci. Hal tersebut didukung pula oleh adanya peningkatan konsentrasi BOD, Amoniak, warna dan sulfida pada effluen sand filter bila dibandingkan dengan effluen lumpur aktif. *Sand filter* yang tidak segera dicuci tersebut akan memperburuk kualitas pengolahan yang sudah bagus dari effluen lumpur aktif sehingga pada akhirnya dikhawatirkan paramater pencemar akan melebihi Baku Mutu Limbah Cair nantinya.

Pada pengolahan dengan karakteristik limbah di PT. APAC Inti Corpora Inti bila dibandingkan sistem pengolahan air limbah di PT. APAC Inti Corpora dengan pengolahan sistem lumpur aktif dicampur karbon aktif, maka sistem pengolahan sistem lumpur aktif dicampur karbon aktif lebih unggul karena tidak memerlukan sistem koagulasi yang artinya tidak menghasilkan lumpur kimia Pada uji coba di lapangan, konsentrasi karbon aktif optimum yang ditambahkan kedalam lumpur aktif adalah 400mg/l dengan waktu aerasi 24 jam, pertimbangan pemilihan konsentrasi karbon aktif ini didasarkan pada segi harga karbon aktif dan bobot pengolahan yang dirasa nantinya hasil pengolahan mampu memenuhi Baku Mutu Limbah Cair.

3. Evaluasi Tekno Ekonomi

Perkiraan biaya dengan penggunaan karbon aktif dalam proses lumpur aktif
Asumsi :

- Air limbah mengandung zat warna indigo dengan kandungan COD = 800 - 900 ppm
- Debit air limbah = 1500 M^3/hari
- Konsentrasi karbon aktif dalam bak aerasi = 400 ppm
- R (return sludge) = 30 M^3/jam (informasi perusahaan)
- Kandungan karbon aktif dalam effluent dianggap sama dengan kandungan TSS nya yaitu 14 ppm (hasil analisa laboratorium)
- Jumlah sludge yang dibuang = 50 M^3/hari (informasi perusahaan)

Dari hasil perhitungan, maka make up karbon aktif yang harus ditambahkan pada bak aerasi tiap hari adalah 76,65 kg/hari . Jika harga karbon aktif adalah Rp. 26.000/kg maka biaya

yang dikeluarkan untuk pembelian karbon aktif = 76,65 x Rp.26.000 = Rp.1.992.000/hari atau = 1.992.000/1.500 = Rp. 1.328 / m^3 limbah

Menurut informasi dari PT. APAC Inti Corpora, biaya pembelian bahan kimia untuk proses koagulasi yang dikeluarkan sebesar Rp.2.040/ M^3limbah. Biaya sebesar ini hanya untuk pembelian koagulan dan flokulan saja, belum termasuk pembelian asam, biaya listrik dan operator. Jika industri tidak menggunakan proses koagulasi tetapi menambahkan karbon aktif dalam proses lumpur aktif maka industri akan menghemat biaya sebesar = Rp.2.040,- - Rp.1.328,- = Rp. 712/ m^3limbah hari.

Biaya ini baru prakiraan, jika dihitung lebih detail lagi penghematan akan lebih besar karena selain meniadakan biaya operasi proses koagulasi juga meniadakan biaya investasi peralatan (bak koagulasi/flokulasi, mixer, bak pengendap dan drying bed). Apalagi jika penggunaan lahan juga diperhitungkan, karena lahan yang diperlukan juga berkurang. Terlebih lagi sludge kimia dari proses koagulasi perlu pengelolaan khusus yang memerlukan biaya tambahan yaitu sebesar Rp. 2.000.000/ton sludge.

Catatan :

Besarnya kebutuhan asam untuk menurunkan pH menjadi netral antar proses 1 (proses koagulasi – biologi lumpur aktif) dengan proses 2 (biologi lumpur aktif disertai penambahan carbon actif) diasumsikan sama. Oleh karena itu biaya pembelian asam tidak perlu diperhitungkan karena mempunyai harga yang sama.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian baik dalam skala laboratorium secara batch maupun kontinyu, juga dari hasil uji coba di lapangan, menunjukkan dengan penambahan karbon aktif pada sistem pengolahan lumpur aktif air limbah industri tekstil zat warna indigo dengan bahan baku kapas (*cotton)* dapat meningkatkan kinerja lumpur aktif dalam penurunan parameter COD air limbah yang diolah dengan kondisi operasi optimal DO ≥ 2 ppm; MLSS = 3000 ppm; p.H = ± 7; dengan waktu aerasi 24 jam; dan penambahan karbon aktif 400 mg/L. Dari hasil uji coba pengolahan air limbah dilapangan semua parameter air limbah terolah sudah memenuhi BMLC industri tekstil Perda Jateng No. 10 Th 2004 yang dipersyaratkan
2. Dari hasil percobaan laboratorium secara batch untuk zat warna indigo, konsentrasi COD influen maksimal yang dapat diolah dengan sistem lumpur aktif dicampur karbon aktif adalah 2500 mg/l sehingga hasil pengolahan masih dapat memenuhi Baku Mutu Limbah Cair industri tekstil- Perda Jateng No 10 Th 2004 dengan parameter COD adalah 150mg/l. Hal tersebut dapat dicapai dengan penambah-an karbon 400 mg/l dan waktu aerasi 24 jam, serta menjaga kondisi operasi optimum pengolahan DO ≥ 2 ppm; MLSS = 3000 ppm; pH = ± 7. Tanpa penambahan karbon aktif pada kondisi tersebut maka air limbah terolah tidak akan dapat memenuhi Baku Mutu Limbah Cair industri tekstil yang dipersyaratkan. Dengan penambahan karbon aktif ke dalam sistem lumpur aktif maka % penurunan COD meningkat menjadi 94,26%.
3. Dari hasil percobaan laboratorium secara batch untuk zat warna sulfur, Konsentrasi COD influen maksimal yang dapat diolah dengan sistem lumpur aktif dicampur karbon aktif adalah 2250 mg/l sehingga hasil pengolahan masih dapat memenuhi Baku Mutu Limbah Cair industri tekstil - Perda Jateng No 10 Th 2004. Hal tersebut dapat dicapai dengan penambahan karbon aktif 800 mg/l dan waktu aerasi 48 jam atau dengan penambahan karbon aktif 1000 mg/l dan waktu aerasi 36 jam, serta menjaga kondisi operasi optimum pengolahan DO ≥ 2 ppm; MLSS = 3000 ppm; pH = ±7. Pada kondisi tersebut apabila tidak ditambah karbon aktif maka air limbah terolah tidak dapat memenuhi baku mutu limbah cair industry tekstil. Dengan penambahan karbon

aktif ke dalam sistem lumpur aktif pada kondisi tersebut maka % penurunan COD meningkat menjadi 94,08% dan 93,33%

4. Apabila dibandingkan dengan sistem koagulasi - lumpur aktif – sand filter dari perusahaan dengan sistem gabungan karbon aktif - lumpur aktif lebih menguntungkan karena :
   - Dari segi biaya, sistem gabungan karbon aktif - lumpur aktif lebih murah. Dari informasi perusahaan, biaya bahan kimia untuk prose koagulasi adalah Rp.2.040/ m^3 limbah,- sedangkan dari penelitian, biaya karbon aktif adalah Rp. 1.328 / m^3 limbah.
   - Tidak ada sludge kimia yang membutuhkan pengelolaan khusus
   - Lahan yang dibutuhkan untuk Instalasi Pengolah Air Limbah lebih sedikit.

Saran

1. Apabila hasil penelitian akan diterapkan untuk industri tekstil yang sudah menggunakan sistem pengolahan limbah - biologis lumpur aktif maka tidak akan terlalu banyak merubah sistem yang sudah ada sehingga peralatan dan bangunan IPAL yang ada masih dapat digunakan.
2. Saran untuk perusahaan adalah lebih sering melakukan pencucian sand filter sehingga efisiensi pengolahan lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, **Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Limbah**, Pemerintah Propinsi Jawa Tengah, 2004.

Anonim, **Peraturan Pemerinatah Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 1999 Tentang Perubahan Atas PP no.18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Sumber B-3**, BAPPEDAL, 2000.

Aysegul Pala, **Activated Carbon Addition to An Activated Sludge Model Reactor for Color Removal from a Cotton Textile Processing Wastewater,** Journal Environmental Engginering, Volume 129, Issue 11, 2003:1064-1068.

Cheremissinoff Paul H, **Carbon Adsorption Hand Book,** An Arbour Science, 1978.

Chese musmoff Paul N, Fred Ellen Bush, **Carbon Adsorption,** 1978.

David G.Hutton, **Combined Powdered Activated Carbon-Biological Treatment,** El du Pont de Nemours & Company,Inc, New Jersey, 1978.

Egül, Pala and Enis Tokat, **Color removal from cotton textile industry wastewater in an activated sludge system with various additives**, Water Research Volume 36, Issue 11, June 2002, 2002: 2920-2925.

Isminingsih Gitopadmarjo, **Penyesuaian Teknologi untuk Proses Tekstil dan Produksi Bersih,** Seminar Implementasi Produksi Bersih dan Sarana Bio Teknologi dan Cara Penanggulangan Proses Tekstil di Lingkungan IKM-TPT Pencelupan dan Penerapan Kain Kapas dan Poliester, 2002.

Isminingsih Gitopadmojo, **Seri Kuliah Air Proses untuk Industri Tekstil, Pengolahan Limbah, dan Produksi Bersih,** Semester VI, Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil, Bandung, 2008.

Kaul SN, Szpyrhowicz Lidia, **Wastewater Treatment Technologies and environment,** 2nd Ed., Daya Publishing House, New Delhi, 2004.

Marquez, Costa, Biomass Concentration in PACT Process, University of Salamanca, Salamanca, Spain, 1999.

Meixue Chen, Jusi Wang, Yizhong Wang, **The combination of carbon adsorption with activated sludge for the decolorization of wool-dyeing wastewater,** Journal of Environmental Science and Health, Part A, Volume 35, Issue 10 November 2000 ; pages 1789 – 1795.

Met Calf & Eddy Inc, **Waste Water Engineering Treatment, Disposal and reuse,** 4th Ed., Mc.Graw Hill Inc, 1991.

Reynolds, **Unit Operations and Processes in Environmental engineering,** PWS Publishing Company, 1996.

Siregar Sakti, **Instalasi Pengolah Air Limbah,** Penerbit Kanisius, Yogyakarta, 2005.

Sri Purwanti dkk, **Pemakaian Serbuk Karbon dalam Sistem Lumpur Aktif pada Pengelolaan Air limbah Pulp dan Kertas berpolutan Tinggi,** Berita Selulosa vol. XXXIII, No.1,1997.

TR-097-**Treatment of industrial**-WW-Discharge-Reuse, 1999.