

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan industri selain memberikan manfaat yang cukup besar bagi masyarakat dan negara juga memberikan dampak negatif terhadap lingkungan perairan, tanah maupun udara. Seperti pertumbuhan industri rambut palsu yang ada di Purbalingga disamping memberikan dampak positif bagi lingkungannya juga memberikan dampak negatif yaitu pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh air limbahnya yang kurang dikelola dengan baik. Sumber air limbah terutama berasal dari pencucian bahan baku rambut asli maupun sintesis. Kandungan dari air limbah berupa kotoran yang melekat pada rambut, bahan perekat, bahan pencuci serta bahan cat yang digunakan pada pewarnaan rambut palsu.

Ditinjau dari karakteristik air limbah hasil dari pemantauan, pada umumnya para pengusaha rambut palsu belum mengetahui teknologi pengolahan air limbah yang tepat sehingga air limbah belum memenuhi Baku Mutu Golongan I untuk dibuang ke badan air penerima.

1.2 Perumusan Masalah

Air limbah yang keluar dari proses pembuatan rambut palsu memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Pada dasarnya air limbah ini dapat diolah dengan cara fisika, kimia dan biologi agar dapat memenuhi baku mutu seperti yang disyaratkan. Oleh karena itu perlu adanya penelitian tentang teknologi pengolahan limbah cair industri rambut palsu yang tepat guna sehingga bisa digunakan sebagai dasar dalam perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pengolahan secara kimia dilakukan dengan penambahan koagulan berupa Ferro Sulfat dan Poly Aluminium Chloride. Sedangkan pengolahan biologi dilakukan dengan proses aerasi dengan variable waktu aerasi 4-24 jam.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Mendapatkan teknologi pengolahan air limbah industri rambut palsu sehingga bisa memenuhi Baku Mutu Limbah Cair sebelum dibuang ke sungai / badan air penerima.

2. Memperoleh data hasil penelitian sehingga dapat digunakan sebagai data dasar untuk perencanaan IPAL industri rambut palsu.
3. Membantu mengembangkan industri rambut palsu yang berwawasan lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Produksi Rambut Palsu

Salah satu industri di Purbalingga yang memproduksi rambut palsu (*wig*) adalah PT. Indokores Sahabat. Bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan wig adalah rambut asli (*human hair*) dan *synthetic hair*. Sedangkan bahan pembantu yang digunakan antara lain bahan pewarna rambut, asam klorida, kaporit, hidrogen peroksida dan soda ash. Tahapan proses pembuatan wig terdiri dari proses produksi atau penyiapan bahan rambut dan proses produksi rambut palsu (Baristand Indag Semarang, 2006, 2).

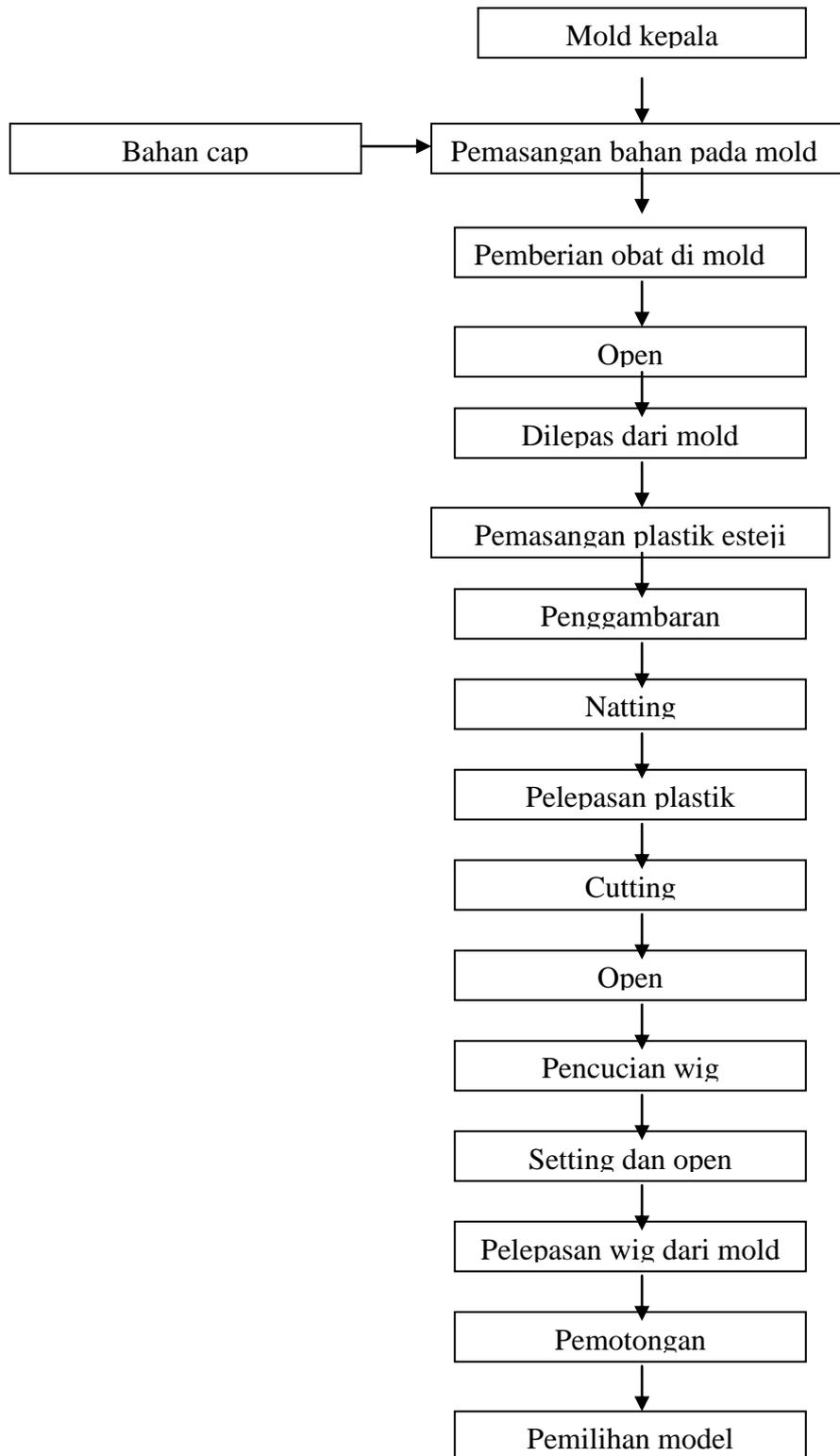
2.1.1 Penyiapan Bahan Baku Rambut

Bahan baku rambut dicuci menggunakan obat untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang melekat di rambut. Setelah dicuci, rambut tersebut didiamkan kemudian diberi warna sesuai dengan permintaan pelanggan. Proses pewarnaan dimulai dengan memanaskan air yang telah diberi pewarna, setelah air mendidih rambut tersebut dimasukkan selama kira-kira 30 menit sambil diaduk supaya warna bisa masuk ke pori-pori rambut, selanjutnya rambut diangkat dari tempat masak dan didiamkan.

Rambut yang telah diberi warna disisir di dalam air untuk memudahkan dalam penyasakan agar rambut tersebut tidak kusut/bundet. Setelah selesai disisir, rambut dikeringkan dengan dimasukkan dalam open. Setelah kering, rambut disasak/dirapikan dan dipisahkan serta diatur sesuai dengan ukuran panjang pendeknya (Baristand Indag Semarang, 2006, 4).

2.1.2 Proses Produksi Rambut Palsu

Dipilih model kepala sesuai dengan permintaan pelanggan, selanjutnya diambil bahan yang akan digunakan untuk membuat *cap* (kulit kepala/ tempat untuk menanam rambut). Bahan kemudian dipasang di *mold* (cetakan) dan tandai garis batas bawahnya. Selanjutnya cap diolesi dengan obat agar membentuk sesuai ukuran kepala dan diopen kurang lebih 2,5 jam.



Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Rambut Palsu

Setelah *cap* tersebut kering kemudian dilepas dari cetakan untuk dipasang di plastik esteji dengan tujuan agar bentuk *cap* tersebut tidak rusak setelah dipasang. Gambar bagian bawah

cap untuk menentukan *style* (gaya) rambut pada saat *natting*. Selesai *natting*, *cap* tersebut dilepas dari plastik esteji, lalu dipotong/ diberi lem perekat rambut agar rambut yang sudah di *natting* tidak lepas/rontok selesai dipotong. Kemudian dimasukkan ke oven untuk dikeringkan selama kurang lebih 5 sampai 7 jam.

Selesai di dikeringkan, wig tersebut dicuci sambil ditempelkan di cetakan yang sesuai ukuran, selanjutnya diatur untuk menentukan arah rambut, disesuaikan dengan model yang diminta, setelah selesai lalu dimasukkan lagi ke oven agar rambut kering. Setelah kering kemudian dilepas dari cetakan dan dipotong pinggirnya sesuai garis batas. Lalu wig dipilih sesuai dengan model rambut (Baristand Indag Semarang, 2006, 6).

2.1.3 Jenis Limbah Industri Rambut Palsu dan Penanganannya

a. Limbah Padat

Limbah padat berupa sisa rambut yang sudah tidak dapat dimanfaatkan kembali. Cara pengolahan limbah padat ini, sisa rambut-rambut pendek dikumpulkan untuk kemudian dibakar dalam pembakaran khusus.

Selain sisa rambut juga terdapat sisa-sisa plastik sebagai pembungkus produk yang biasanya dijual pada pihak ketiga.

b. Limbah Cair

Limbah cair berasal dari proses pencucian dan pewarnaan rambut. Air limbah yang berasal dari proses pencucian dan pewarnaan rambut dialirkan melalui selokan ke dalam bak penampungan awal kemudian dipompa ke dalam bak equalisasi. Selanjutnya, limbah dialirkan ke dalam bak berisi karbon aktif dan diaduk dengan tujuan untuk mengurangi zat warna. Kemudian disaring ke dalam bak penyaringan I yang berisi arang dan ijuk lalu dialirkan ke bak penyaringan II dan III yang berisi batu karang dan kemudian dialirkan ke dalam bak kontrol sebelum dibuang melalui pipa pembuangan ke saluran umum/ kota yang akhirnya ke sungai.

c. Limbah Gas

Limbah gas berasal dari proses pemasakan rambut (uap) dialirkan melalui pipayang terdapat di atas tungku pemasakan dan dibuang langsung ke udara bebas.

Menurut Perda Propinsi Jawa Tengah No. 10 tahun 2004, bila suatu industri belum mempunyai baku mutu, maka baku mutunya dimasukkan sesuai dengan golongan I / II. Jadi pada industri pembuatan rambut palsu, karena belum memiliki baku mutu, maka dimasukkan dalam golongan I/II. Pada tabel di bawah ini dilampirkan standar baku mutu golongan sesuai dengan Perda Prop. Jateng No.10 tahun 2004.

Tabel 1.1 : Baku Mutu Golongan I/II sesuai dengan Perda Prop. Jateng No.10 tahun 2004.

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Perda Prop. Jateng No. 10 Tahun 2004	
			Baku Mutu Air Limbah Golongan	
			I	II
I. FISIKA				
1.	Temperatur	°C	38	38
2.	Zat Padat Terlarut	mg/l	2000	4000
3.	Zat Padat Tersuspensi	mg/l	100	200
II. KIMIA				
1.	pH	-	6,0 - 9,0	
2.	Besi terlarut (Fe)	mg/l	5	10
3.	Mangan terlarut (Mn)	mg/l	2	5
4.	Barium (Ba)	mg/l	2	3
5.	Tembaga (Cu)	mg/l	2	3
6.	Seng (Zn)	mg/l	5	10
7.	Khrom Heksvalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	0,1	0,5
8.	Khrom Total (Cr)	mg/l	0,5	1
9.	Kadmium (Cd)	mg/l	0,05	0,1
10.	Raksa (Hg)	mg/l	0,002	0,005
11.	Timbal (Pb)	mg/l	0,1	1
12.	Timah (Sn)	mg/l	2	3
13.	Arsen (As)	mg/l	0,1	0,5
14.	Selenium (Se)	mg/l	0,05	0,5
15.	Nikel (Ni)	mg/l	0,2	0,5
16.	Kobalt (Co)	mg/l	0,4	0,6
17.	Sianida (CN)	mg/l	0,05	0,5
18.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,05	0,1
19.	Flourida (F)	mg/l	2	3
20.	Khlorin Bebas (Cl ₂)	mg/l	1	2
21.	Amoniak Bebas (NH ₂ -N)	mg/l	1	5
22.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	20	30
23.	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	1	3
24.	BOD ₅	mg/l	50	100
25.	COD	mg/l	100	250
26.	MBAS	mg/l	5	10
27.	Fenol	mg/l	0,5	1
28.	Minyak Total	mg/l	5	10
	DEBIT	m ³ /hari		

2.2 TINJAUAN PENGENDALIAN PENCEMARAN OLEH AIR LIMBAH INDUSTRI

Air limbah industri adalah air buangan yang berasal dari industri dan berasal dari rangkaian proses produksi. Karena air merupakan suatu bahan yang sangat penting bagi semua kehidupan di alam maka air buangan industri mempunyai pengaruh yang luas baik terhadap kehidupan lingkungannya maupun manusianya sendiri. Lebih-lebih lagi karena air cenderung menjadi pelabuhan akhir dari berbagai limbah yang ada termasuk limbah industri yang bersifat padat, cair maupun gas, dimana semuanya dimungkinkan untuk larut, tersuspensi maupun membentuk koloid dan sejenisnya dalam air. Selanjutnya air limbah ini akan masuk ke perairan dan dipergunakan untuk berbagai keperluan. Bahan-bahan pencemar yang ada dalam air limbah industri dapat menyebabkan pencemaran baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap badan air penerima.

Dalam rangka pengendalian pencemaran oleh air limbah industri dikenal berbagai cara pendekatan yaitu :

- Pendekatan daya dukung lingkungan yaitu mengandalkan pada kemampuan alam untuk melakukan daya pulih diri.
- Pendekatan pengolahan limbah yang sudah terbentuk yaitu dengan mengolah limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Pola pandang ini hanya tertuju pada limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri dan memerlukan biaya yang besar dan pengolahan ditujukan untuk mentaati peraturan. Selain itu kelemahan-kelemahan yang lain adalah:
 - Tidak efektif memecahkan masalah lingkungan karena limbah masih terbentuk dan hanya berpindah dari satu media ke media lainnya.
 - Peraturan perundang-undangan yang menerapkan persyaratan limbah yang dibuang setelah dilakukan pengolahan pada umumnya cenderung untuk dilanggar bila pengawasan dan penegakan hukum lingkungan tidak efektif dijalankan dan lain – lain.

Pendekatan produksi bersih yaitu strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat pencegahan terpadu dan diterapkan secara terus menerus pada setiap kegiatan mulai dari hulu ke hilir yang terkait dengan proses produksi, produk dan jasa untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan mengurangi terbentuknya limbah pada sumbernya sehingga dapat meminimalisasi resiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta kerusakan lingkungan (Arie, Herlambang, 2002).

Pada prinsipnya pelaksanaan produksi bersih adalah mencegah, mengurangi dan menghilangkan terbentuknya limbah atau pencemar pada sumbernya dan atau memanfaatkan

limbah. Dengan penerapan produksi bersih selain menutup kekurangan dari pendekatan pengolahan limbah yang sudah terbentuk berbagai keuntungan dapat diperoleh antara lain :

- Pemakaian sumber daya alam yang semakin efisien dan efektif.
- Pengurangan atau pencegahan terbentuknya zat-zat pencemar.
- Menghemat penggunaan bahan baku.
- Menggantikan bahan beracun dengan yang tidak beracun.
- Meningkatkan produktifitas, efisiensi dan mutu.
- Menyiapkan perusahaan untuk mematuhi peraturan.

Dalam pengendalian pencemaran oleh air limbah industri sebaiknya didekati dengan pendekatan gabungan penerapan produksi bersih dan pengolahan limbah yang sudah terbentuk. Upaya produksi bersih dilakukan sebelum pengolahan air limbah.

Prinsip-prinsip pokok dalam strategi produksi bersih dituangkan dalam 5 R yaitu *Rethink* , *Reduction* , *Reuse* , *Recycle* , *Recovery*.

- *Rethink* (berpikir ulang) adalah upaya untuk berpikir ulang manajemen untuk memperbaiki semua proses produksi agar efisien, aman bagi manusia dan lingkungannya.
- *Reduction* (pengurangan) adalah upaya untuk mengurangi limbah yang dihasilkan langsung dari sumber kegiatan. Dapat dilaksanakan dengan cara tata laksana rumah tangga yang baik, segregasi aliran limbah, pelaksanaan *preventive maintenance* , pengelolaan bahan, pengaturan kondisi proswes dan operasi yang baik, modifikasi proses dan atau alat, modifikasi atau substitusi bahan, pengubahan produk, penggunaan teknologi bersih.
- *Reuse* (pakai ulang atau penggunaan limbah) adalah upaya yang memungkinkan supaya suatu limbah dapat digunakan kembali tanpa perlakuan fisika, kimia, atau biologi.
- *Recycle* (daur ulang) adalah upaya mendaur ulang limbah untuk memanfaatkan limbah dengan memprosesnya kembali ke proses semula melalui perlakuan fisika, kimia dan biologi.
- *Recovery* (pungut ulang) adalah upaya mengambil bahan-bahan yang masih mempunyai nilai ekonomi tinggi dari suatu limbah, kemudian dikembalikan kedalam proses produksi dengan atau tanpa perlakuan fisika, kimia, dan biologi (Anonim, 2001).

Secara garis besar urutan prioritas upaya pengendalian pencemaran oleh air limbah industri adalah upaya pencegahan, pengurangan pada sumber pencemar, pemanfaatan limbah, pengolahan limbah dan pembuangan limbah sisa pengolahan / limbah B3.

Ditinjau dari biaya pelaksanaannya urutan-urutannya terbalik. Sedang dalam pelaksanaan program produksi bersih akan tergantung pada jenis industrinya, jenis proses, kapasitas

produksi dan lain-lain. Jadi pada dasarnya program ini akan tergantung pada situasi dan kondisi masing-masing industri.

2.3 KARAKTERISTIK AIR LIMBAH INDUSTRI

Dalam rangka pengolahan air limbah maka sebagai dasar pemilihan yang perlu diketahui adalah karakteristik air limbah yang akan diolah. Karakteristik air limbah tersebut adalah :

a. Karakteristik fisika.

Ditentukan oleh parameter-parameter yang dapat ditera secara fisik seperti kandungan padatan total (terdiri dari zat tersuspensi, koloid, terlarut), bau, suhu warna dan lain-lain.

b. Karakteristik Kimia.

Ditentukan oleh parameter kimia

- Kimia organik: minyak, lemak, protein dan lain-lain. Besaran yang dipergunakan untuk mengukur cemaran organik antara lain adalah BOD, COD dan lain-lain.
- Kimia anorganik: Clorida, pH, Sulfur, senyawa-senyawa racun seperti Cu, Pb, Cd, Cr, As dan sebagainya.

Gas-gas seperti CH₄, Oksigen terlarut, H₂S dan lain-lain

c. Karakteristik biologi

Yaitu adanya jasad renik dalam air limbah seperti lumut, bakteri, virus, plankton, benthos dan lain – lain (Sugiharto, 1987, 19).

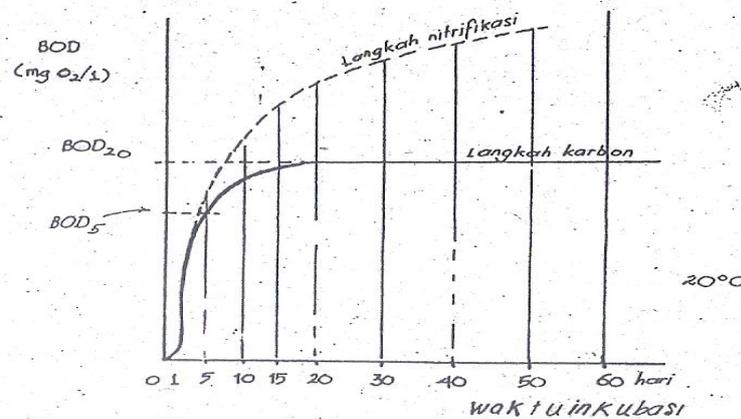
2.3.1 *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand adalah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa – senyawa kimia (Tchobanoglous, George dkk, 2003, 81). Sedang angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air .

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri dan untuk mendesain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut (Alaerts, 1984, 159). Jasad renik yang ada di dalam air limbah akan menggunakan oksigen untuk mengoksidasi benda organik menjadi energi, bahan buangan lainnya serta gas. Jika bahan organik yang belum diolah dan dibuang ke badan air, maka bakteri akan menggunakan oksigen untuk proses pembusukannya (Siregar, 2005, 52). Untuk

oksidasi/penguraian zat organik yang khas, terutama di beberapa jenis air buangan industri yang misalnya fenol, detergen, minyak dan sebagainya bakteri harus diberikan adaptasi beberapa hari melalui kontak dengan air buangan tersebut, sebelum dapat digunakan sebagai benih pada analisa BOD air tersebut. Sebaliknya, beberapa zat organik maupun inorganis dapat bersifat racun terhadap bakteri dan harus dikurangi sampai batas yang diinginkan (Alaerts, 1984, 160).

Semakin besar angka BOD, menunjukkan bahwa derajat pengotoran air limbah adalah semakin besar. Menurut Alaerts, untuk tes BOD dipergunakan waktu selama 5 hari dikenal sebagai BOD₅.



Gambar 2.2. Grafik sederhana proses oksidasi zat organik secara mikrobiologis

(Sumber : Metoda Penelitian Air, 1984, 161)

2.3.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD adalah kebutuhan oksigen dalam proses oksidasi secara kimia dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam larutan asam. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara ilmiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Alaerts, 1984, 149).

Nilai COD biasanya akan selalu lebih besar daripada BOD. Pengukuran COD membutuhkan waktu yang jauh lebih cepat yakni dapat dilakukan selama 3 jam. Sedangkan pengukuran BOD paling tidak memerlukan waktu lima hari dan gangguan dari zat yang bersifat racun terhadap mikroorganisme pada tes BOD, tidak menjadi soal pada tes COD. Jika korelasi antara BOD dan COD sudah diketahui, kondisi air limbah dapat diketahui (Siregar, 2005, 23).

2.4 PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Sesuai dengan karakteristiknya maka pada dasarnya pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan empat cara yaitu pengolahan secara fisika, kimia, biologis dan pengolahan lanjut dengan cara khusus.

2.4.1 Proses Pengolahan Fisika

Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. Penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap (<http://www.dephut.co.id>).

Pemisahan padatan-padatan dari cairan atau limbah merupakan tahapan pengolahan yang sangat penting untuk mengurangi beban dan mengembalikan bahan-bahan yang bermanfaat serta mengurangi resiko rusaknya peralatan akibat adanya kebuntuan pada pipa, valve, dan pompa. Proses ini juga mengurangi abrasivitas cairan terhadap pompa dan alat-alat ukur yang dapat berpengaruh secara langsung terhadap biaya operasi dan perawatan peralatan. Cara pengolahan fisika antara lain :

- Mengayak

Tujuannya adalah memisahkan kotoran-kotoran yang berupa zat padat kasar yang ada dalam air limbah. Ayakan dapat berupa kawat-kawat, kisi-kisi, kawat kasar maupun plat berlubang.

- Sedimentasi.

Adalah memisahkan partikel-partikel tersuspensi yang lebih berat dari air dengan membiarkan supaya air tidak bergerak dan kotoran diendapkan dengan gaya beratnya sendiri. Operasi ini sering dipakai misalnya untuk memisahkan pasir, kotoran-kotoran khusus dalam tangki pengendap pendahuluan, flok biologi, flok-flok kimia dari proses koagulasi.

- Pengapungan.

Adalah operasi untuk memisahkan partikel-partikel padat atau cairan dari fase cairan yang lebih ringan dari fase cairnya.

Pemisahan terjadi karena pemasukan gelembung-gelembung gas kedalam fase cair, gelembung melekat pada partikel-partikel dan mendorong naiknya partikel-partikel kepermukaan. Bahan yang dapat dipisahkan misal suspensi minyak dalam air (Sugiharto, 1987, 96).

2.4.2 Proses Pengolahan Kimia

Pengolahan limbah cair dengan proses kimia merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam proses pengolahan limbah cair. Bahkan di dalam proses fisika dan biologi pun di dalamnya sering terjadi proses kimia secara bersamaan. Untuk limbah yang mengandung COD tinggi, jelas proses pengolahannya adalah proses kimia (Alaerts, 1984, 39).

Pengolahan secara kimia pada IPAL biasanya digunakan untuk netralisasi limbah asam maupun basa, memperbaiki proses pemisahan lumpur, memisahkan padatan yang tak terlarut, mengurangi konsentrasi minyak dan lemak, meningkatkan efisiensi instalasi flotasi dan filtrasi, serta mengoksidasi warna dan racun (Siregar, 2005, 44).

a. Netralisasi

Perlakuan netralisasi ini dilakukan untuk menghilangkan *aciditas* atau alkalinitas. Pada umumnya, semua treatment air limbah dengan pH yang terlalu rendah atau tinggi membutuhkan proses netralisasi sebelum limbah tersebut dibuang ke lingkungan.

b. Presipitasi

Presipitasi adalah pengurangan bahan-bahan terlarut dengan cara penambahan bahan-bahan kimia terlarut yang menyebabkan terbentuknya padatan-padatan (flok dan lumpur). Dalam pengolahan air limbah, presipitasi digunakan untuk menghilangkan logam berat, sulfat, fluorida, dan garam-garam besi

c. Koagulasi dan Flokulasi

Dalam pengolahan limbah cair, proses ini sangatlah mempunyai peranan yang sangat penting. Oleh sebab itu, faktor-faktor yang menunjang dalam proses koagulasi dan flokulasi haruslah diperhatikan. Pemilihan zat koagulan harus berdasar pertimbangan antara lain jumlah dan kualitas air yang akan diolah, kekeruhan, metode penyaringan serta sistem pembuangan lumpur endapan. Jenis koagulan antara lain Alum (Aluminium Sulfat), Ferro Sulfat, Poly Aluminium Chlorida (PAC) dan lain - lain (Tchobanoglous, George dkk, 2003, 526).

2.4.3 Koagulasi

Koagulasi adalah proses destabilisasi partikel koloid dengan cara penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan. Koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya tarik menarik antara partikel lebih kecil daripada gaya tolak menolak akibat muatan listrik. Pada kondisi stabil ini, penggumpalan partikel tidak terjadi. Melalui proses koagulasi terjadi destabilisasi sehingga partikel-partikel koloid bersatu dan menjadi besar. (<http://bulekbasandiang.wordpress.com>).

A. Mekanisme Proses Koagulasi

Proses koagulasi merupakan salah satu cara pengolahan air untuk menghilangkan kontaminan yang terkandung didalamnya. Koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan partikel koloid, *suspended solid*, serta padatan tidak mengendap, dengan penambahan koagulan disertai dengan pengadukan cepat untuk mendispersikan bahan kimia secara merata. Dalam suatu suspensi, koloid tidak mengendap (bersifat stabil) dan terpelihara dalam keadaan terdispersi, karena mempunyai gaya elektrostatis yang diperolehnya dari ionisasi bagian permukaan serta adsorpsi ion-ion dari larutan sekitar. Pada dasarnya koloid terbagi dua, yakni koloid *hidrofilik* yang bersifat mudah larut dalam air (*soluble*) dan koloid *hidrofobik* yang bersifat sukar larut dalam air (*insoluble*).

Dispersi koloid hidrofobik biasa terjadi secara fisik atau kimia dan tidak bisa terdispersi kembali secara spontan di dalam air. Afinitas koloid hidrofobik terhadap air sangat kecil sehingga koloid ini tidak memiliki lapisan air yang cukup berarti.

Ukuran berbagai komponen yang bisa terkandung dalam padatan yang tersuspensi di dalam air dapat bervariasi seperti yang tersedia dalam tabel berikut :

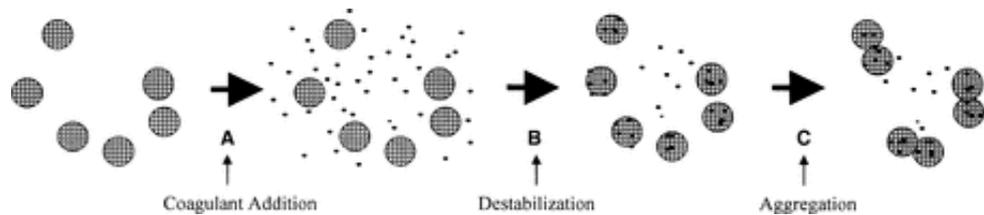
Tabel 2.1 Ukuran Berbagai Partikel yang Terlibat dalam Koagulasi

	Diameter A ⁰
A. Sistem Koloidal	
- Warna	50 - 1.000
- Koloid Inert (tanah liat, garam anorganik)	1.000 - 30.000
- Emulsi	2.000 - 100.000
- Bakteri	5.000 - 100.000
- Alga	50.000 - 8.000.000
B. Kation (Na ²⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Al ³⁺)	1-2
C. Polyelektrolit (BM 100.000-15.000.000)	250.000-40.000.000
D. Air	4

(Sumber : <http://smk3ae.wordpress.com/feed/>)

Bila koagulan ditambahkan ke dalam air, maka koagulan akan terdisosiasi dan ion logam akan mengalami hidrolisis dan menghasilkan ion kompleks logam hidroksida yang bermuatan positif. Komplek-komplek logam hidroksida ini merupakan ion-ion yang bermuatan sangat positif dan teradsorpsi pada permukaan koloid. Ini dapat menyebabkan terjadinya reaksi dalam air, antara lain:

- Pengurangan zeta potensial (potensial elektrostatis) hingga suatu titik di mana gaya *van der Waals* dan agitasi yang diberikan menyebabkan partikel yang tidak stabil bergabung serta membentuk flok;
- Agregasi partikel melalui rangkaian inter partikulat antara grup-grup reaktif pada koloid;
- Penangkapan partikel koloid negatif oleh flok-flok hidroksida yang mengendap.



Gambar 2.3. Skematik proses koagulasi

(Sumber: <http://bulekbasandiang.wordpress.com>)

Pengurangan potensial elektrostatis yang terjadi dalam proses koagulasi bisa disebut dengan destabilisasi. Mekanisme proses destabilisasi ini terdiri dari beberapa langkah antara lain :

1. Pengurangan muatan permukaan partikel dengan menekan lapisan muatan ganda (*double-charge layer*).

Penambahan ion ke dalam air akan meningkatkan kekuatan ionik dan menurunkan gaya tolak. Dengan penambahan garam ke dalam air, muatan koloidal tidak dikurangi secara signifikan, tetapi hanya memperkecil jarak muatan dari permukaan partikel, sehingga lapisan ganda dapat berkurang.

2. Netralisasi muatan dengan adsorpsi ion yang berlawanan muatan

Proses ini dilakukan dengan penambahan bahan kimia untuk proses destabilisasi. Penambahan ion yang muatannya berlawanan dengan ion koloid dapat menyebabkan netralisasi lapisan tunggal dari koloid. Netralisasi muatan terjadi saat koagulan ditambahkan secara berlebihan.

3. Penggabungan antar partikel dengan polimer

Polimer-polimer yang mengandung situs aktif sepanjang rantainya dapat menyebabkan adsorpsi koloid. Koloid akan terikat pada beberapa situs sepanjang rantai polimer.

4. Penjebakan oleh flok

Saat sejumlah koagulan ditambahkan ke dalam air, maka akan membentuk flok yang akan mengendap. Karena flok besar dan tiga dimensi, maka koloid akan terjebak di dalam flok, dan akhirnya ikut mengendap. Untuk suspensi encer laju koagulasi rendah karena konsentrasi koloid yang rendah sehingga kontak antar partikel tidak memadai, Bila digunakan dosis koagulan yang terlalu besar akan mengakibatkan restabilisasi koloid. Untuk mengatasi hal ini, agar konsentrasi koloid berada pada titik dimana flok-flok dapat terbentuk dengan baik, maka dilakukan proses *recycle* sejumlah *settled sludge* sebelum atau sesudah *rapid mixing* dilakukan. Tindakan ini dapat dilakukan untuk meningkatkan efektifitas pengolahan (<http://www.pdam-sby.go.id/bulekbasandiang.wordpress.com>, 2009).

Peningkatan efektifitas dalam proses koagulasi dapat ditinjau dari faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jalannya proses. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses koagulasi air, antara lain :

1. Kualitas air meliputi gas-gas terlarut, warna, kekeruhan, rasa, bau, dan kesadahan;
2. Jumlah dan karakteristik koloid;
3. Derajat keasaman air (pH);
4. Pengadukan cepat, dan kecepatan *paddle*;
5. Temperatur air;
6. Alkalinitas air, bila terlalu rendah ditambah dengan pembubuhan kapur;
7. Karakteristik ion-ion dalam air.

B. Macam-macam Koagulan

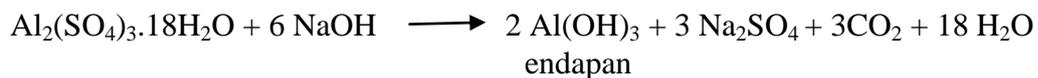
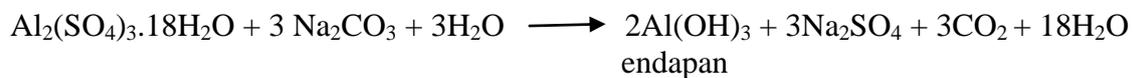
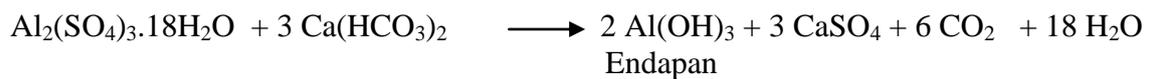
Koagulan adalah bahan kimia yang mempunyai kemampuan menetralsasi muatan partikel koloid dan mampu untuk mengikat partikel koloid tersebut membentuk gumpalan atau flok. Efektifitas dari kerja koagulan tergantung dari pH dan dosis dari pemakaian serta tergantung pula dari sifat air limbah yang diolah (<http://bulekbasandiang.wordpress.com>).

Pemilihan zat koagulan harus berdasarkan pertimbangan antara lain jumlah dan kualitas air yang akan diolah, kekeruhan air baku, metode filtrasi serta sistem pembuangan lumpur endapan (Alaerts, 1984, 52).

a) Aluminium sulfat (Alum), $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Garam Aluminium Sulfat jika ditambahkan dalam air dengan mudah akan larut dan bereaksi dengan HCO_3^- menghasilkan Aluminium Hidroksida Dengan adanya hidroksida aluminium yang bermuatan positif maka akan terjadi tarik menarik antara partikel koloid

yang bermuatan negatif dengan partikel aluminium hidroksida sehingga terbentuk gumpalan partikel yang makin lama makin besar dan berat serta cepat mengendap. Selain itu juga partikel zat organik tersuspensi, zat anorganik, bakteri dan mikro organisme yang lain dapat bersama-sama membentuk gumpalan partikel atau flok yang akan mengendap bersama-sama. Jika alkalinitas air tidak cukup untuk dapat bereaksi dengan Alum, maka dapat ditambahkan kapur atau soda abu agar reaksi dapat berjalan dengan baik (<http://smk3ae.wordpress.com/feed/>).



Aluminium Sulfat atau Alum, diproduksi dalam dalam bentuk padatan atau cairan. Banyak dipakai karena harganya relatif murah dan efektif untuk mengolah air dengan kekeruhan yang tinggi dan baik dipakai bersama-sama dengan zat koagulan pembantu. Dibandingkan dengan garam besi Alum tidak menimbulkan pengotoran yang serius pada dinding bak. Salah satu kekurangannya flok yang terjadi lebih ringan dibanding flok koagulan garam besi dan selang pH lebih sempit yaitu 5,5 – 8,5. Alum padat umumnya dipakai dalam bentuk larutan dengan konsentrasi 5 – 10 % untuk skala kecil dan untuk skala besar 20 – 30 %. Alum cair cara pengerjaan dan transportasi mudah tetapi pada suhu rendah dan konsentrasi tinggi akan terjadi pengkristalan Al_2O_3 yang menyebabkan pada penyumbatan pada perpipan (Tchobanoglous, dkk, 2003, 267).

b) Poly Aluminium Chloride (PAC)

PAC merupakan bentuk polimerisasi kondensasi dari garam aluminium, berbentuk cair dan merupakan koagulan yang sangat baik. PAC mempunyai daya koagulasi lebih besar daripada alum dan dapat menghasilkan flok yang stabil walaupun pada suhu yang rendah dan pengerjaannya pun mudah (Alaerts, 1984, 56).

Beberapa keunggulan yang dimiliki PAC dibanding koagulan lainnya adalah :

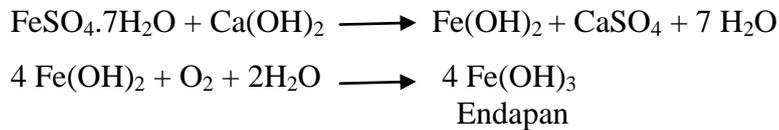
1. PAC dapat bekerja di tingkat pH yang lebih luas, dengan demikian tidak diperlukan pengoreksian terhadap pH, terkecuali bagi air tertentu.

2. Kandungan belerang dengan dosis cukup akan mengoksidasi senyawa karboksilat rantai siklik membentuk alifatik dan gugusan rantai hidrokarbon yang lebih pendek dan sederhana sehingga mudah untuk diikat membentuk flok.
3. Kadar klorida yang optimal dalam fasa cair yang bermuatan negatif akan cepat bereaksi dan merusak ikatan zat organik terutama ikatan karbon nitrogen yang umumnya dalam truktur ekuatik membentuk suatu makromolekul terutama gugusan protein, amina, amida dan penyusun minyak dan lipida.
4. PAC tidak menjadi keruh bila pemakaiannya berlebihan, sedangkan koagulan yang lain (seperti alumunium sulfat, besi klorida dan fero sulfat) bila dosis berlebihan bagi air yang mempunyai kekeruhan yang rendah akan bertambah keruh. Jika digambarkan dengan suatu grafik untuk PAC adalah membentuk garis linier artinya jika dosis berlebih maka akan didapatkan hasil kekeruhan yang relatif sama dengan dosis optimum sehingga penghematan bahan kimia dapat dilakukan. Sedangkan untuk koagulan selain PAC memberikan grafik parabola terbuka artinya jika kelebihan atau kekurangan dosis akan menaikkan kekeruhan hasil akhir, hal ini perlu ketepatan dosis.
5. PAC mengandung suatu polimer khusus dengan struktur polielektrolite yang dapat mengurangi atau tidak perlu sama sekali dalam pemakaian bahan pembantu, ini berarti disamping penyederhanaan juga penghematan untuk penjernihan air.
6. Kandungan basa yang cukup akan menambah gugus hidroksil dalam air sehingga penurunan pH tidak terlalu ekstrim sehingga penghematan dalam penggunaan bahan untuk netralisasi dapat dilakukan.
7. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa ini diakibatkan dari gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolite sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil kedalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul, dengan demikian walaupun ukuran kolam pengendapan lebih kecil atau terjadi *over-load* bagi instalasi yang ada, kapasitas produksi relatif tidak terpengaruh. (<http://smk3ae.wordpress.com/feed/>).

c) Ferro Sulfat

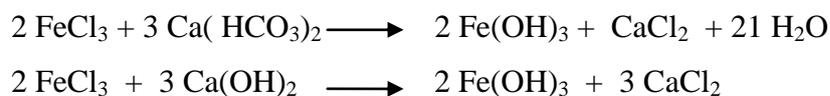
Ferro Sulfat diproduksi dalam bentuk kristal berwarna hijau atau butiran untuk pembubuhan kering dengan kandungan FeSO_4 kira-kira 55 %. Biasanya digunakan bersama-sama dengan kapur untuk menaikkan pH sehingga ion Ferro terendapkan dalam bentuk Ferri hidroksida $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Ferro Sulfat kurang sesuai untuk menghilangkan warna akan tetapi sangat baik untuk pengolahan air yang mempunyai alkalinitas, kekeruhan dan DO yang

tinggi. Kondisi pH yang sesuai antara 9 – 11. Ferro Sulfat lebih murah dibanding Alum tetapi pengolahan air dengan menggunakan Ferro Sulfat memperbesar kesadahan air (<http://smk3ae.wordpress.com/feed/>).



d) Ferri Chlorida

Ferri Klorida dan ferri Sulfat merupakan bahan koagulan dengan nama dagang bermacam-macam. Dapat bereaksi dengan bikarbonat (alkalinitas) atau kapur.



Keuntungan dari koagulan garam ferri antara lain proses koagulasi dapat dilakukan pada selang pH yang lebih besar, biasanya antara pH 4 - 9. Flok yang terjadi lebih berat sehingga cepat mengendap serta efektif untuk menghilangkan warna, bau dan rasa (<http://smk3ae.wordpress.com/feed/>).

C. *Coagulan Aid*

Seringkali, pemakaian zat koagulan saja akan menghasilkan pembentukan flok yang kurang baik. Untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan pemakaian koagulan pembantu sehingga pembentukan flok berjalan lebih baik.

Pemilihan jenis zat koagulan pembantu harus dapat menghasilkan flok yang baik/stabil dan tidak berbahaya ditinjau dari segi kesehatan. Sebagai bahan koagulan pembantu yang sering dipakai adalah silica aktif dengan dosis 1-5 ppm sebagai SiO₂ dan sodium alginate antara 0,2-2 ppm (Alaerts, 1984, 57). Bahan ini dikenal dengan *coagulant aid*.

Usaha mempercepat proses koagulasi bisa dilakukan antara lain :

1. Penambahan Alkalinitas

Bila alkalinitas yang terkandung didalam air tidak mencukupi, maka biasanya bisa ditambahkan alkalinitas dalam bentuk Ca(OH)₂ dan Na₂CO₃.

2. Penambahan Polielektrolit

Polielektrolit yang ditambahkan bisa alami (pati, polisakarida) dan juga bisa sintetis. Dosis yang ditambahkan biasanya sekitar 0,3 mg/L.

3. Penambahan kekeruhan (*turbidity*)

Biasanya ditambahkan sedikit lumpur hasil koagulasi dan flokulasi. Kadang-kadang juga ditambahkan tanah liat (*clay*).

4. Pengaturan pH

Proses pengendapan sangat dipengaruhi pH, maka pengaturan pH dilakukan agar endapan yang terbentuk memiliki kelarutan minimum.

(<http://www.pdam-sby.go.id/bulekbasandiang.wordpress.com>, 2009)

2.4.4 Flokulasi Kimia

Menurut Siregar, flokulasi dimaksudkan untuk meningkatkan kontak antara partikel koloid yang terdistabilisasi sehingga dapat terjadi penggabungan antara mikro flok menjadi flok yang lebih besar.

Flokulasi adalah proses lambat yang bergerak secara terus menerus selama partikel-partikel tersuspensi bercampur di dalam air, sehingga partikel akan menjadi lebih besar dan bergerak menuju proses sedimentasi. Ide dasar dari flokulasi adalah untuk mengendapkan flok-flok dengan penambahan flokulan. Flokulasi merupakan suatu kombinasi pencampuran dan pengadukan atau agitasi yang menghasilkan agregasi yang akan mengendap setelah penambahan flokulan. Flokulasi adalah proses fisika yang mana air yang terpolusi diaduk untuk meningkatkan tumbukan interpartikel yang memacu pembentukan partikel-partikel besar sehingga dalam waktu 1-2 jam partikel-partikel tersebut akan mengendap.

Proses flokulasi dalam pengolahan air bertujuan untuk mempercepat proses penggabungan flok-flok yang telah dibibitkan pada proses koagulasi. Partikel-partikel yang telah distabilkan selanjutnya saling bertumbukan serta melakukan proses tarik-menarik dan membentuk flok yang ukurannya makin lama makin besar serta mudah mengendap. Gradien kecepatan merupakan faktor penting dalam desain bak flokulasi. Jika nilai gradien terlalu besar maka gaya geser yang timbul akan mencegah pembentukan flok, sebaliknya jika nilai gradien terlalu rendah/tidak memadai maka proses penggabungan antar partikulat tidak akan terjadi dan flok besar serta mudah mengendap akan sulit dihasilkan. Untuk itu nilai gradien kecepatan proses flokulasi dianjurkan berkisar antara 90/detik hingga 30/detik (<http://www.pdam-sby.go.id/bulekbasandiang.wordpress.com>, 2009).

Untuk mendapatkan flok yang besar dan mudah mengendap maka bak flokulasi dibagi atas tiga kompartemen, dimana pada kompartemen pertama terjadi proses pendewasaan flok, pada kompartemen kedua terjadi proses penggabungan flok, dan pada kompartemen ketiga terjadi pemadatan flok.

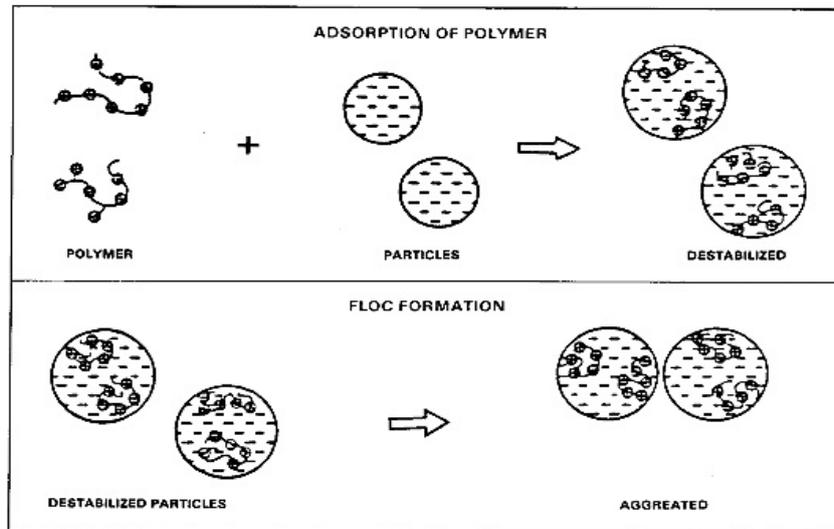


Figure 1-2. Floc formation process

Gambar 2.4 Proses Pembentukan Flok

(Sumber: <http://bulekbasandiang.wordpress.com>)

2.4.5 Pengolahan Air Limbah Secara Biologi

Tujuan pengolahan secara biologi adalah untuk menghilangkan zat padat koloid yang tidak dapat mengendap, serta menyetabilkan zat-zat organik dan dilaksanakan oleh aktivitas jasad renik. Jasad renik dapat berupa bakteri, kapang, algae, protozoa, kadang-kadang metazoa dan lain-lain.

Dengan cara pengolahan biologi yang dapat dipisahkan adalah :

- Zat-zat terlarut dan koloid
- Senyawa N dan P

Pemecahan zat-zat organik menjadi senyawa-senyawa yang sederhana oleh mikroorganisme dapat dilakukan secara aerob (dengan udara), anaerob (tanpa udara), maupun gabungan keduanya.

Secara aerob bila yang melaksanakan pemecahan zat-zat organik adalah mikroorganisme aerob yang hidup dengan adanya udara dan mikroorganisme fakultatif. Sedangkan secara anaerob yang melaksanakan adalah bakteri anaerob yang dapat hidup dan bekerja kalau tidak ada udara dan fakultatif. Proses biologi aerob biasanya digunakan untuk pengolahan limbah dengan beban organik yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologi anaerob digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban organik yang tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan udara mikroorganisme dalam proses oksidasi biologi adalah :

- Oksigen dalam air limbah
- Nutrien sebagai makanan air limbah harus cukup mengandung N dan P supaya lumpur biologi dapat tumbuh dengan baik
- pH
- Suhu

Toksisitas dalam air limbah seperti zat-zat beracun seperti phenol, logam berat, garam dan amoniak konsentrasinya dibatasi pada batas mikroorganisme masih dapat hidup.

Ber macam cara biologi antara lain *activated sludge* (lumpur aktif) , *trickling filter*, kolam stabilisasi, *anaerobic* biasa, *up anaerobic sludge blanket*, *up anaerobic filter* , dan lain-lain. Disini yang akan diulas adalah lumpur aktif.

Pada proses konvensional lumpur aktif, mula-mula air limbah ditampung dalam tangki pengumpul, disini diberi perlakuan pendahuluan misalnya pengaturan pH, penambahan nutrient. Selanjutnya air limbah dialirkan ke tangki aerasi bersama-sama dengan udara. Masuknya air limbah kedalam tangki aerasi disertai pengadukan massa lumpur agar tersebar dan bercampur rata dengan air limbah. Selama pencampuran tersebut terjadi penyerapan partikel - partikel tersuspensi dan senyawa-senyawa koloid dalam air limbah oleh permukaan massa lumpur aktif. Akibat pengadukan maka lumpur aktif mempunyai permukaan kontak yang luas sehingga penyerapan kotoran-kotoran dari air limbah menjadi efektif, kemudian mikroorganisme segera bereaksi dan melakukan perombakan senyawa limbah yang terserap dipermukaan lumpur aktif maupun senyawa yang ada dalam air limbah. Dalam perombakan ini digunakan oksigen dari udara yang sengaja dimasukkan bersama dengan air limbah dan lumpur aktif kedalam bak aerasi. Disini terjadi pemecahan secara berantai.

Apabila waktunya telah cukup dimana lumpur sudah bertambah banyak dan air menjadi bersih, maka larutan dialirkan kedalam tangki pengendap. Airnya dialirkan keluar, sedang endapan yang sudah terpisah sebagian disirkulasi (15 – 20 %) kedalam tangki aerasi bersama air limbah yang baru.

Proses Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)

Pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif konvensional secara umum terdiri dari bak pengendap awal, bak aerasi, dan bak pengendap akhir serta bak klorinasi untuk membunuh bakteri pathogen. Unit proses biologi adalah proses-proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan aktifitas kehidupan mikroorganisme untuk memindahkan polutan. Proses-proses biokimia juga meliputi aktifitas alami dalam berbagai keadaan. Sebagian besar

air limbah, misalnya air limbah domestik mengandung zat-zat organik domestik sehingga proses biologi merupakan tahapan yang sangat penting.

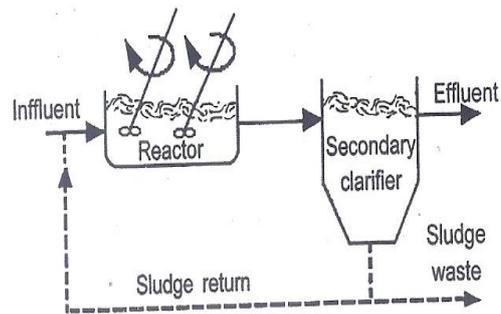
Proses lumpur aktif merupakan salah satu proses pengolahan secara biologis aerobik dengan mempertahankan jumlah massa mikroba dalam suatu reaktor dan dalam keadaan tercampur sempurna (<http://www.chem-is-try.org/author/suparnisr>, 2009).

Suplai oksigen adalah mutlak dari peralatan mekanis, yaitu aerator dan blower, karena selain berfungsi untuk suplai oksigen juga dibutuhkan pengadukan yang sempurna. Perlakuan untuk memperoleh massa mikroba yang tetap adalah dengan melakukan resirkulasi lumpur dan pembuangan lumpur dalam jumlah tertentu. Pengaturan jumlah massa mikroba dalam sistem lumpur aktif dapat dilakukan dengan baik dan relatif mudah karena pertumbuhan mikroba dalam kondisi tersuspensi sehingga dapat terukur dengan baik melalui analisa laboratorium.

Permasalahan dalam lumpur aktif antara lain :

- a) Membutuhkan energi yang besar
- b) Membutuhkan operator yang terampil dan disiplin dalam mengatur jumlah massa mikroba dalam reaktor
- c) Membutuhkan penanganan lumpur lebih lanjut (<http://pdam-sby.go.id>).

Menurut Suhardi (1990), kelebihan dari proses ini adalah waktu retensi dari *activated sludge* berkisar dari 0,5-30 jam tergantung dari jenisnya. Namun kebanyakan waktu retensinya sekitar 3-8 jam. Nampak bahwa waktu retensi lebih singkat bila dibandingkan dengan waktu retensi kolam aerasi (3-10 hari) dan kolom anaerob (20-30 hari). Umur lumpur dapat bervariasi antara 5-15 hari untuk sistem lumpur aktif konvensional. Parameter penting yang mengendalikan operasi lumpur aktif adalah beban organik atau beban BOD, suplai oksigen, pengendalian dan operasi bak pengendapan akhir (Alaerts, 1984, 91).



Gambar 2.5. Skema *Activated Sludge Process*

(Sumber : Siregar, Sakti A. 2005)

2.4.6 Pengolahan Lanjut Dengan Cara Khusus

Beberapa bahan pencemar yang ada dalam air limbah kemungkinan tidak dapat diolah dengan cara proses-proses pengolahan sebagaimana diuraikan di muka. Bahan pencemar tersebut antara lain adalah ion-ion anorganik seperti SO_4 , K , suatu persenyawaan-persenyawaan sintetik. Bahan pencemar tersebut membutuhkan pengolahan lanjut dengan cara khusus. Contoh-contoh cara pengolahan lanjut dengan cara khusus antara lain adalah pengolahan dengan *ion exchange*, adsorpsi Carbon aktif, *reverse osmosis* dan lain-lain.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rencana penelitian

- a. Identifikasi karakteristik air limbah industri rambut palsu di salah satu industri di Purbalingga (PT. Indokores Sahabat).
- b. Pengolahan air limbah secara fisika, kimia koagulasi dilanjutkan pengolahan biologis lumpur aktif skala laboratorium.

3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan

3.2.1 Peralatan Penelitian

- *Benscale* lumpur aktif
- Alat koagulasi dan flokulasi skala laboratorium (*Jar Test*)
- Alat analisa COD (refluk terbuka) :
labu erlenmeyer, pendingin *Liebig* 30 cm, *hot plate* atau yang setara, abu ukur 100 mL dan 1000 mL, buret 25 mL atau 50 mL, pipet volum 5 mL; 10 mL; 15 mL dan 50 mL; erlenmeyer 250 mL (labu refluk), timbangan analitik.
- Alat analisa BOD :
Botol DO, lemari inkubasi suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, labu takar 500, 1000 ml, pipet volumetrik 1; 5 ; 10 ; 20 ; 25 ; 50 dan 100 ml, buret, timbangan analitik, erlenmeyer 50 ; 500 ml
- pH indikator
- Nevelometer dan tabung nevelometer

3.2.2 Bahan Penelitian

- Bahan baku penelitian : Air limbah industri rambut palsu
- Bahan penolong :
 - Koagulan FeSO_4 dan PAC
 - larutan kapur
 - HCl
 - Lumpur aktif, nutrien

- Reagen analisa COD :

larutan baku kalium dikromat 0,25 N, larutan asam sulfat – perak sulfat, larutan indikator ferroin, larutan ferro ammonium sulfat (FAS) 0,1 N; larutan baku potasium hidrogen phthalat (KHP), serbuk merkuri sulfat, HgSO₄, batu didih.

- Reagen analisa BOD :

Air bebas mineral / aquades, larutan buffer phosphate, larutan magnesium sulfat, larutan Kalsium klorida, larutan feri klorida, air Pengencer, larutan indikator kanji (amylum)., larutan Mangan Sulfat, larutan Thio sulfat 0,025 N, larutan Alkali yodida Azida, asam Sulfat Pekat, larutan baku K₂Cr₂O₇ 0,025 N, larutan KI 20 %

3.3 Rancangan Percobaan

3.3.1 Penetapan Variabel

a. Variabel terikat :

- Limbah cair industri rambut palsu
- Pengadukan cepat 1 menit 180 rpm
- Pengadukan lambat 15 menit 50 rpm
- Waktu pengendapan 1 jam
- Dosis koagulan FeSO₄ 20%
- Dosis koagulan PAC 20%
- Pengolahan air limbah secara aerob lumpur aktif, meliputi :
 - *Aklimitasi* mikro organisme
 - Reaktor isi penuh air limbah dan lumpur awal aerob MLSS (mix liquor suspended solid) sekitar 3000 - 5000 mg/l
 - Aerasi 1 hari dan tambah pupuk urea dan PO₄.
- Pengolahan air limbah secara aerob : pH sekitar 7 ; D.O > 2 ppm, MLSS = 4000 ppm, SVI 30 : 20 – 30 % (Siregar, 2005, 65).

b. Variabel bebas :

- Jenis koagulan : ferro sulfat dan PAC
- pH koagulan : ferro sulfat (kisaran 9, 10, 11, 12)
PAC (kisaran 5, 6, 7, 8)
- Volume koagulan PAC (0,5 ; 1 ; 1, 5 ; 2) ml
- Pengolahan air limbah secara aerob : waktu pengolahan 4 jam, 8 jam, 12 jam, 16 jam, 20 jam dan 24 jam.

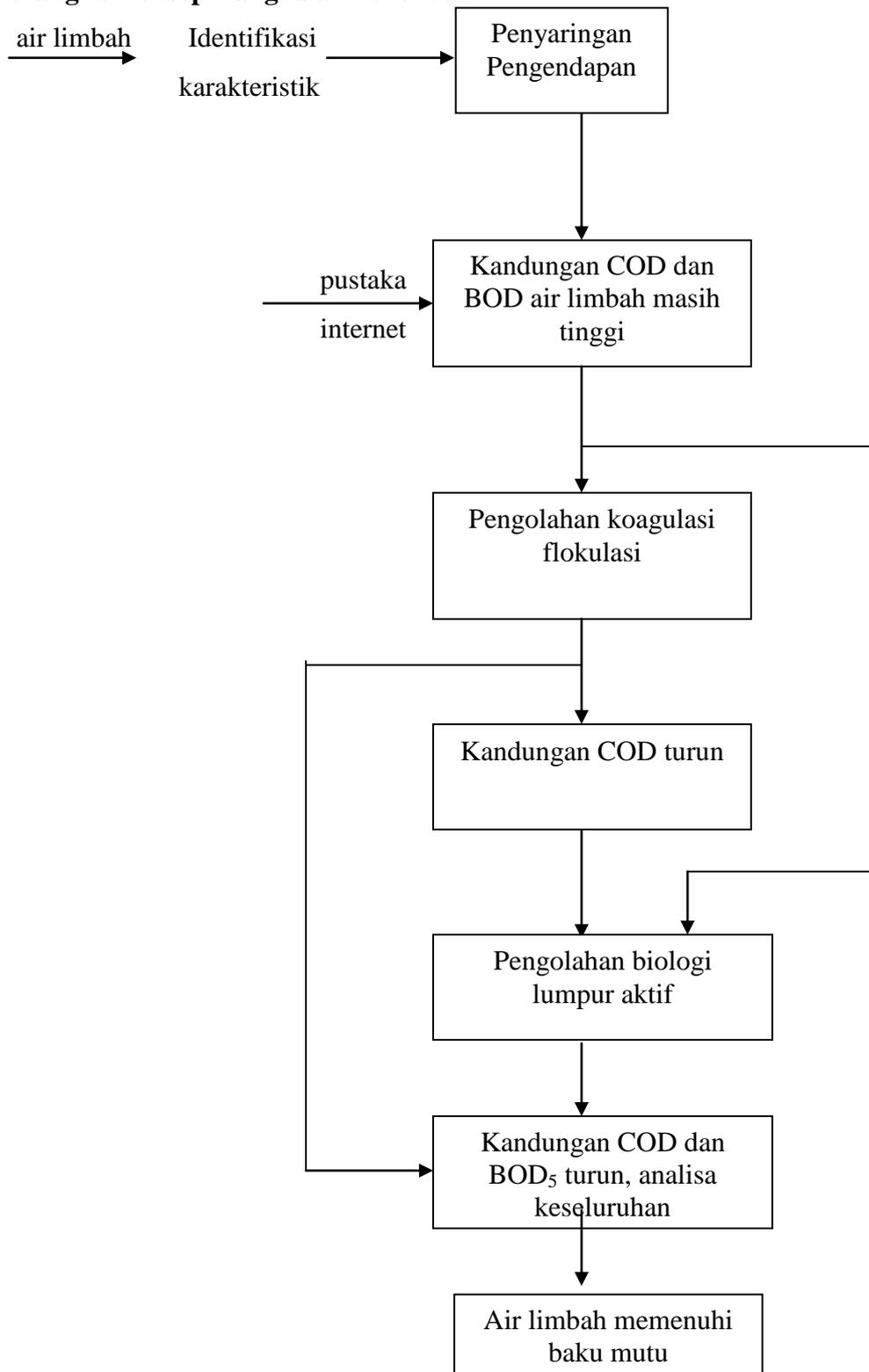
3.3.2 Metode Penelitian

- a. Percobaan air limbah skala laboratorium secara fisika, kimia biologi dilakukan pada contoh air limbah yang dipandang jelek yang diambil dari salah satu industri rambut palsu yang ada di Purbalingga.
- b. Parameter uji yang akan dianalisa untuk mengetahui efisiensi pengolahan maka setiap variabel yang dicoba hanya dianalisa COD sedang untuk proses biologi aerob dianalisa BOD₅ dan COD. Pada kondisi optimal dianalisa sesuai dengan estimasi parameter kunci rambut palsu dari hasil identifikasi karakteristik.

3.3.3 Metode Pengolahan Data dan Analisa Data

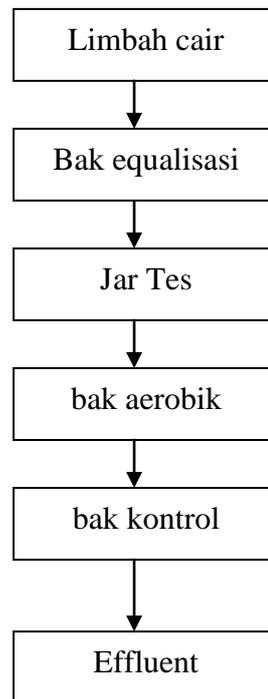
Pada penelitian ini, pengolahan data, pengamatan dan perbandingan hasil analisa dilakukan secara grafis terhadap masing-masing variabel yang berpengaruh.

3.4 Kerangka Konsep Rangkaian Penelitian



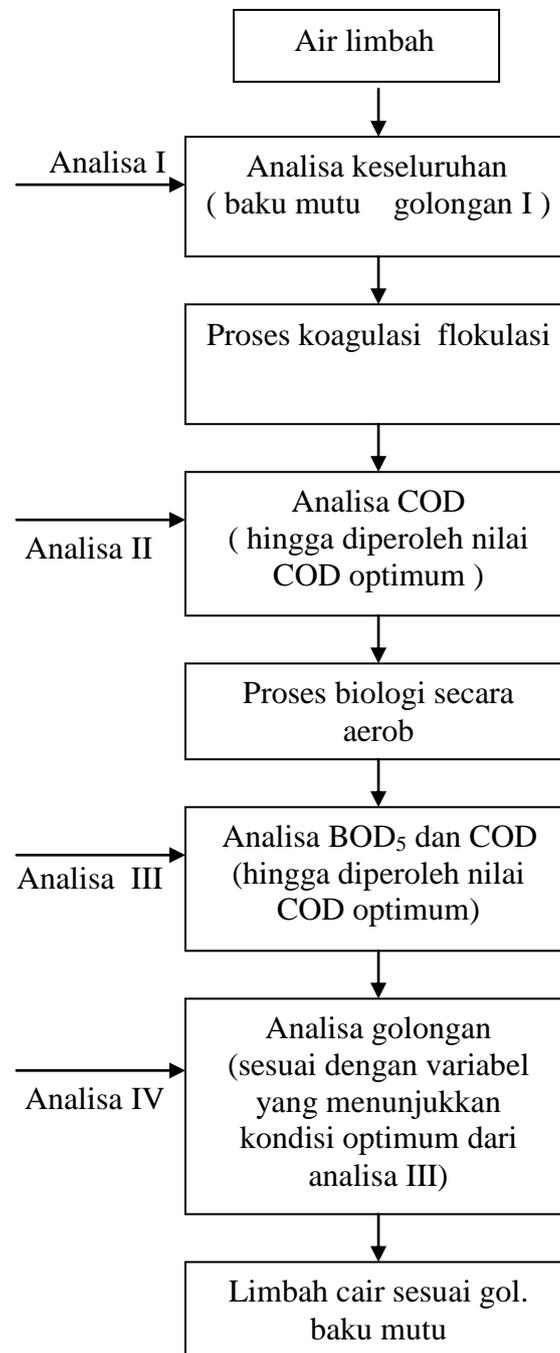
Gambar 3.1 Kerangka Konsep Rangkaian Penelitian

3.5 Skema Rangkaian Peralatan



Gambar 3.2 Skema rangkaian peralatan

3.6 Skema Analisa Data



Gambar 3.3 Skema analisa data

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan Air Limbah Industri Rambut Palsu Secara Laboratoruim.

Sebelum dilakukan pengolahan limbah cair, maka dilakukan analisa pendahuluan untuk mengetahui berapa nilai dari setiap parameter uji sehingga pada akhirnya dapat dilakukan perbandingan prosentase penurunan setelah dilakukan pengolahan terhadap limbah.

Tabel 4.1 : Hasil Analisa Air Limbah PT. Indokores Sahabat

Parameter	Satuan	Hasil Analisa				Kisaran Hasil Analisa	Baku Mutu Perda Prop Jateng No.10 Th 2004
		A	B	C	D		Gol I
I. FISIKA							
1. Temperatur	° C	29	32	30	28	28 - 32	38
2. TDS	mg/l	1734	1420	6248	2100	1420-6248	2000
3. TSS	mg/l	66	55	48	198	48 – 198	100
II. KIMIA							
1. pH	mg/l	7,22	9,01	7,5	7,23	7,22-9,01	6-9
2. Besi terlarut (Fe)	mg/l	1,441	0,599	<0,01	0,473	<0,001-1,441	5
3. Mangan terlarut (Mn)	mg/l	0,066	0,052	0,042	0,120	0,042-0,12	2
4. Barium (Ba)	mg/l	-	-	-	-	-	2
5. Tembaga (Cu)	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	0,014	<0,005-0,014	2
6. Seng (Zn)	mg/l	0,0520	0,299	0,076	0,041	0,041-0,299	5
7. Krom hexsavalen (Cr ⁶)	mg/l	0,011	0,014	,021	0,005	0,005-0,21	0,1
8. Krom total (Cr)	mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,5
9. Kadmium (Cd)	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,05
10. Timbal (Pb)	mg/l	<0,030	<0,03	<0,03	<0,03		0,1

11. Sianida (CN)	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002		0,05
12. Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,315	0,003	0,065	1,916	0,003-1,916	0,05
13. Clorin bebas (Cl ₂)	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002		1
14. Amoniak bebas (NH ₃ -N)	mg/l	0,44	32,7	0,624	0,48	0,44-32,7	1
15. BOD ₅	mg/l	157,4	154,4	170,3	169,12	154,4-170,3	50
16. COD	mg/l	321,2	493,4	596,15	533,8	321,2-533,8	100
17. Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	0,150	2,469	0,005	0,043		1
18. Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,029	1,697	<0,010	2,148		20
19. MBAS	mg/l	<0,010	0,098	0,648	1,696		5
20. Fenol	mg/l	0,095	0,229	0,410	0,143		0,5
21. Minyak nabati	mg/l	8	9,4	2	3,9		5

Keterangan : A = Air limbah dari bak akhir
: B = Air limbah dari proses conditioner
: C = Air limbah dari proses pewarnaan
: D = Air limbah dari bak equalisasi P.T Indokores

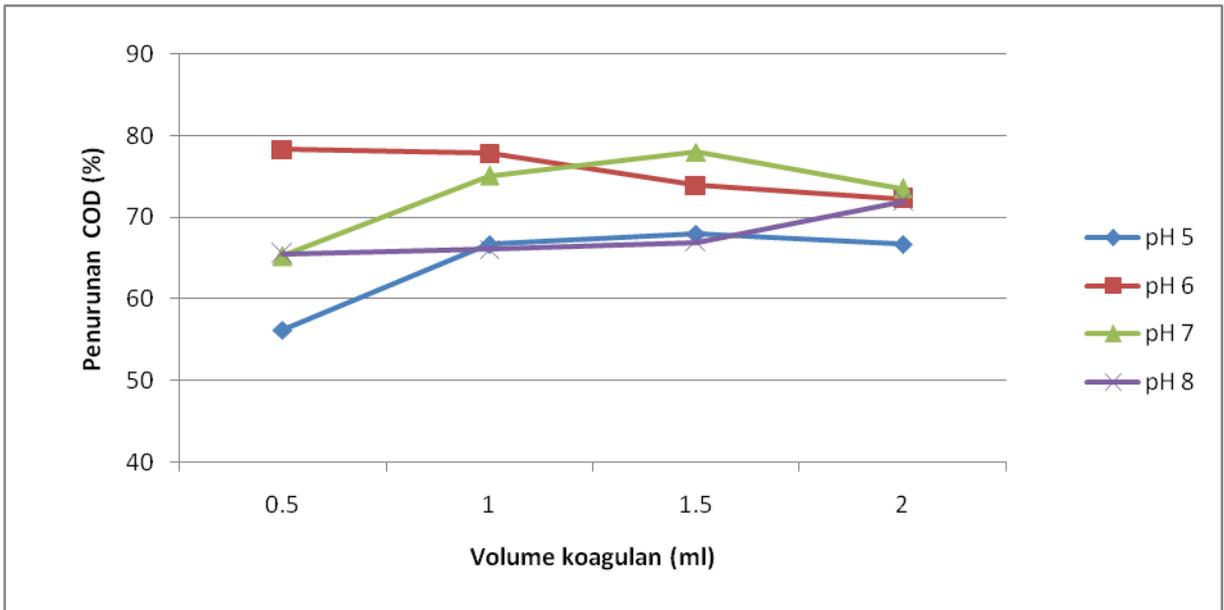
Dari tabel 4.1 terlihat bahwa banyak parameter-parameter yang belum memenuhi baku mutu seperti TDS, TSS, pH, H₂S, Amoniak bebas, BOD, COD dan minyak. Hal ini menunjukkan bahwa limbah hasil produksi rambut palsu memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai.

Tabel 4.2 : Hasil Pengolahan Air Limbah Industri Rambut Palsu dengan Koagulan PAC

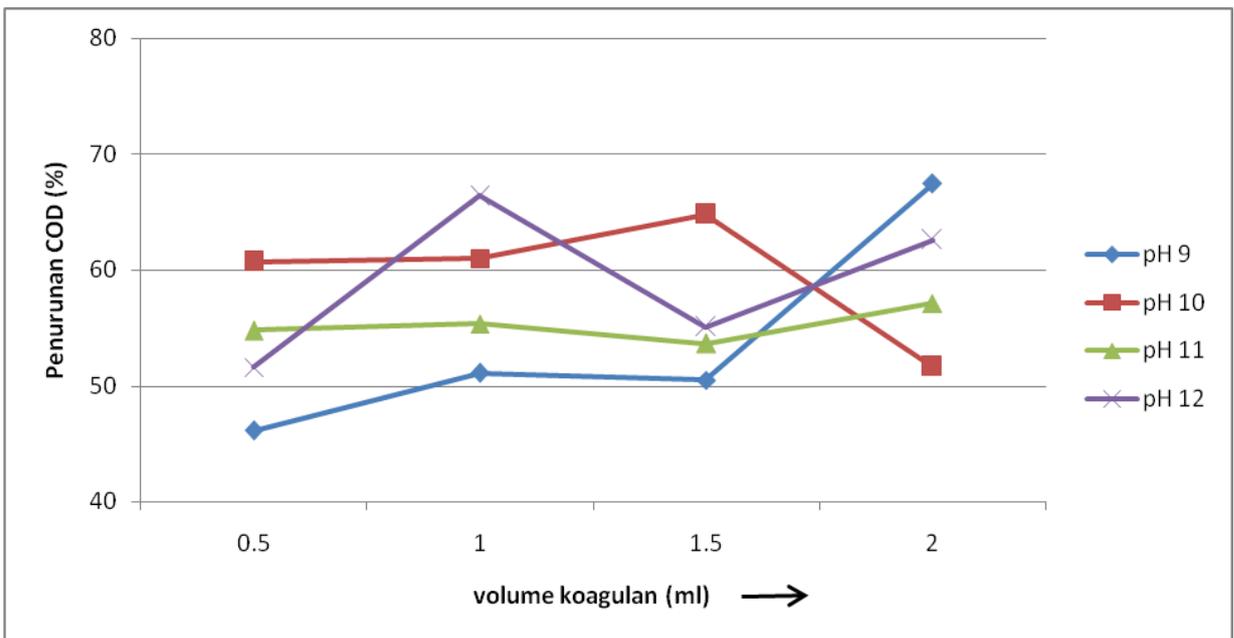
Dosis Koagulan PAC 20 % ml	pH awal	Kekeruhan NTU			COD mg/l			Jml endapan ml/500 ml	pH akhir
		awal	akhir	% penurunan	awal	akhir	% penurunan		
0,5	5	98.5	8.04	91.84	526,28	230,25	56,25	40	4,5
1	5	98.5	6.96	92.93	526,28	175,30	66,69	50	5
1,5	5	98.5	6.04	93.87	526,28	168.50	67,98	70	4
2	5	98.5	6.46	93.44	526,28	175,30	66,69	80	4,5
0,5	6	98.5	4.15	95.79	526,28	114,25	78,29	50	5,5
1	6	98.5	3.88	96.06	526,28	116,45	77,87	60	5
1,5	6	98.5	4.00	95.94	526,28	137,09	73,95	90	4
2	6	98.5	4.87	95.06	526,28	145,95	72,27	80	3,5
0,5	7	98.5	5.15	94.77	526,28	182,79	65,27	50	5,5
1	7	98.5	4.15	95.79	526,28	131,19	75,07	60	5
1,5	7	98.5	4.00	95.94	526,28	115,71	78,01	65	4,5
2	7	98.5	3.99	95.95	526,28	139,15	73,56	90	4
0,5	8	98.5	5.36	94.56	526,28	181,33	65,55	50	7,5
1	8	98.5	3.88	96.06	526,28	178,38	66,11	80	7
1,5	8	98.5	4.00	95.94	526,28	173,95	66,95	90	7
2	8	98.5	4.87	95.06	526,28	147,42	71,99	95	6

Tabel 4.3 : Hasil Pengolahan Air Limbah Industri Rambut Palsu dengan Koagulan FeSO₄

Dosis Koagulan FeSO ₄ 20 % ml	pH awal	Kekeruhan NTU			COD mg/l			Jml endapan ml/500 ml	pH akhir
		awal	akhir	% penurunan	awal	akhir	% penurunan		
0,5	9	98.5	6.06	93.85	524.12	282.55	46.09	85	8
1	9	98.5	5.23	94.69	524.12	256.50	51.06	100	7
1,5	9	98.5	6.42	93.48	524.12	259.56	50.48	100	7
2	9	98.5	6.65	93.25	524.12	170.70	67.43	110	7
0,5	10	98.5	9.37	90.49	524.12	205.93	60.71	80	8
1	10	98.5	7.92	91.96	524.12	204.40	61.00	80	8
1,5	10	98.5	6.27	93.63	524.12	184.49	64.80	100	7
2	10	98.5	8.4	91.47	524.12	253.44	51.64	130	7,5
0,5	11	98.5	6.72	93.18	524.12	237.09	54.76	100	10
1	11	98.5	6.15	93.76	524.12	234.05	55.35	100	10
1,5	11	98.5	5.15	94.77	524.12	243.17	53.60	105	10
2	11	98.5	5.11	94.81	524.12	224.92	57.09	100	10,5
0,5	12	98.5	4.95	94.97	524.12	253.82	51.57	90	11
1	12	98.5	4.98	94.94	524.12	176.28	66.37	90	11
1,5	12	98.5	4.96	94.96	524.12	235.58	55.05	90	11
2	12	98.5	4.63	95.30	524.12	196.05	62.59	95	11,5



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara penambahan volume koagulan PAC 20% dan pH terhadap penurunan nilai COD (%)



Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara penambahan volume koagulan Ferro sulfat 20% dan pH terhadap penurunan nilai COD (%)

4.2 PEMBAHASAN

4.2.1 Pengaruh jenis koagulan terhadap penurunan COD

Menurut <http://www.made-in-china.com/> , PAC bekerja pada kisaran pH 5 – 9 dan biasanya efektif bekerja pada pH 6,5 - 7,6. Dalam penelitian ini kami melakukan percobaan pada kisaran pH 5, 6, 7 dan 8.

Hasil pengolahan air limbah industri rambut palsu dengan koagulan PAC dengan variable dosis koagulan dan pH disajikan pada tabel 4.2 dan gambar 4.1. Dari tabel terlihat bahwa % penurunan COD yang paling besar adalah pada dosis PAC 20% sejumlah 0,5 ml (untuk 500 ml air limbah) pada pH 6 dengan % penurunan COD 78,29 % dan penurunan kekeruhan 95,79 %.

Dari hasil percobaan dengan PAC, bila air limbah akan dibuang ke badan air penerima maka harus diolah lebih lanjut dengan proses biologi karena COD hasil olahan belum memenuhi baku mutu yaitu 114,25 mg/lit. Sedangkan kadar maksimum COD menurut BMLC adalah 100 mg/lit.

Sedangkan untuk proses koagulasi dengan koagulan FeSO_4 , dari tabel 4.3 dan gambar 4.2 terlihat bahwa % penurunan COD optimal adalah pada dosis FeSO_4 20 % sejumlah 2 ml (dalam 500 ml air limbah) dengan % COD = 67,43 % dan % penurunan kekeruhan = 93,25 %

Hasil COD air limbah terolah apabila dibandingkan dengan COD BMLC gol I ternyata masih belum memenuhi dengan demikian masih diperlukan pengolahan biologis.

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa pengolahan limbah industri rambut palsu dengan cara kimia menggunakan koagulan PAC memberikan hasil penurunan COD yang lebih besar yaitu 78,29% sedangkan dengan menggunakan Ferro sulfat memberikan penurunan COD 67,43 %.

Prosentase penurunan dari PAC memberikan hasil yang lebih baik dari Ferro Sulfat, hal ini dikarenakan PAC bersifat stabil sebab endapan yang dihasilkan memiliki ukuran partikel yang kecil, sehingga tidak mudah mengalami gangguan dan dibutuhkan waktu yang relatif singkat lagi untuk mengendap dibandingkan dengan Ferro Sulfat (Sugiharto,1987). Dengan endapan yang stabil, maka akan menurunkan kandungan dari zat tersuspensi. Penurunan zat tersuspensi tersebut akan menurunkan juga nilai dari COD.

4.2.2 Hubungan antara Kekeruhan dengan nilai COD

Kekeruhan erat sekali hubungannya dengan kadar zat tersuspensi karena kekeruhan pada air memang disebabkan adanya zat-zat tersuspensi yang ada dalam air tersebut. Zat tersuspensi yang ada dalam air terdiri dari berbagai macam zat, misalnya pasir halus, liat dan

lumpur alami yang merupakan bahan-bahan anorganik atau dapat pula berupa bahan-bahan organik yang melayang-layang dalam air.

Bahan-bahan organik yang merupakan zat tersuspensi terdiri dari berbagai jenis senyawa seperti selulosa, lemak, protein yang melayang-layang dalam air atau dapat juga berupa mikroorganisme seperti bakteri, algae, dan sebagainya. Kekeruhan memang disebabkan karena adanya zat tersuspensi dalam air, namun karena zat-zat tersuspensi yang ada dalam air terdiri dari berbagai macam zat yang bentuk dan berat jenisnya berbeda-beda maka kekeruhan tidak selalu sebanding dengan kadar zat tersuspensi.

Pada table 4.2 dan 4.3 dapat dilihat bahwa nilai dari COD erat sekali hubungannya dengan zat tersuspensi. Apabila zat tersuspensi semakin besar, maka nilai COD akan semakin besar. Namun dalam penelitian ini tidak dikaji lebih lanjut hubungan antara nilai COD dengan zat tersuspensi.

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa hubungan antara kekeruhan dengan penurunan COD adalah semakin besar penurunan kekeruhan maka semakin besar pula penurunan COD (<http://thorik.staff.uui.ac.id/>, Thorikul Huda, 2009). Meskipun perbandingan ini tidak selalu berjalan lurus karena kekeruhan ini tidak selalu berasal dari zat-zat organik dan anorganik yang dapat menyebabkan besarnya nilai COD.

4.2.3 Pengaruh jenis koagulan terhadap endapan yang diperoleh

Dari tabel 4.2 dan 4.3 dapat dilihat bahwa pada pengolahan kimia dengan menggunakan ferro sulfat menghasilkan endapan yang lebih banyak dibandingkan bila menggunakan PAC. Hal ini disebabkan karena Ferro sulfat sendiri bekerja pada pH tinggi, sehingga untuk menaikkan pH nya dibutuhkan kapur sebagai bahan penaik pH. Sedangkan kapur sendiri dapat berperan sebagai koagulan yang dapat membantu terbentuknya endapan, dengan adanya penambahan kapur selain Fero Sulfat maka endapan yang terbentuk akan semakin banyak.

Pada penggunaan PAC, daya koagulasi lebih besar dari pada Ferro sulfat dan dapat menghasilkan flok yang stabil walaupun pada suhu yang rendah serta pengerjaannya pun mudah. Namun, flok yang dihasilkan dari pemakaian Ferro sulfat yang lebih banyak menyebabkan potensi limbah padat juga lebih besar dari proses pengolahan ini bila dibandingkan dengan pemakaian PAC (<http://www.inovasi.lipi.go.id/anto.htm>).

4.3 Pengolahan Biologi Lumpur Aktif

1. Persiapan

Sebagai bahan baku penelitian adalah air limbah industri rambut palsu dari PT. Indokores Sahabat Purbalingga. Pada percobaan pengolahan air limbah dengan proses biologi lumpur aktif variabel yang diambil adalah waktu aerasi yaitu 4 jam, 8 jam, 12 jam, 16 jam, 20 jam dan 24 jam. Parameter lainnya yang berpengaruh dalam proses ini seperti DO, pH dan SV 30 (jumlah lumpur pada pengendapan 30 menit) diatur pada kondisi optimal yaitu :

$$\text{DO} = 2 - 2,5 \text{ ppm}$$

$$\text{pH} = 6 - 8,5$$

$$\text{SV 30} = 0,2 - 0,3 \text{ atau } 20 \% \text{ s/d } 30 \%$$

Pengamatan dilakukan dengan menganalisa kandungan COD dan BOD air limbah sebelum dan sesudah diolah mulai hari ke 0 sampai kondisi steady state.

2. Hasil Pengolahan Air Limbah Industri Rambut Palsu Dengan Pengolahan Biologi Lumpur Aktif

Dari pengolahan secara kimia diperoleh hasil yang paling optimal, yaitu pada pengolahan dengan PAC volume 0,5 ml pada pH 6. Dari hasil tersebut dilakukan pengolahan lanjutan dengan cara biologi lumpur aktif. Di bawah ini disajikan hasil percobaan air limbah industri rambut palsu dengan pengolahan berlanjut sistem lumpur aktif dengan cara batch pada beberapa variabel waktu pengolahan.

Lumpur aktif berasal dari IPAL PT. RPI (Rimba Partikel Indonesia) kaliwungu Kendal yang IPALnya menggunakan proses lumpur aktif. Sebelum digunakan, lumpur sementara disimpan dalam lemari pendingin.

Tabel 4.4 : Hasil laboratorium sistim lumpur aktif dengan waktu pengolahan 4 jam

Hasil pengamatan setelah kondisi steady state	COD mg/l		BOD ₅ mg/l	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
	118,23	68,57	63,84	35,11
	117,89	65,19	65,67	38,65
	114,18	67,47	62,15	34,74
Rata-rata mg/l	116,77	67,08	63,89	36,17
% penurunan	42,55%		43,39 %	

Tabel 4.5: Hasil laboratorium sistim lumpur aktif dengan waktu pengolahan 8 jam

Hasil pengamatan setelah kondisi steady state	COD mg/l		BOD ₅ mg/l	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
	118,23	49,71	63,84	28,09
	117,89	46,96	65,67	30,16
	114,18	46,32	62,15	27,87
Rata-rata mg/l	116,77	47,66	63,89	28,74
% penurunan	59,18		55,02	

Tabel 4.6 : Hasil laboratorium sistim lumpur aktif dengan waktu pengolahan 12 jam

Hasil pengamatan setelah kondisi steady state	COD mg/l		BOD ₅ mg/l	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
	118,23	33,12	63,84	21,09
	117,89	32,67	65,67	24,34
	114,18	31,95	62,15	21,56
Rata-rata mg/l	116,77	32,58	63,89	22,33
% penurunan	72,09		65,05	

Tabel 4.7 : Hasil laboratorium sistim lumpur aktif dengan waktu pengolahan 16 jam

Hasil pengamatan setelah kondisi steady state	COD mg/l		BOD ₅ mg/l	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
	118,23	20,65	63,84	15,88
	117,89	22,11	65,67	16,17
	114,18	24,68	62,15	14,78
Rata-rata mg/l	116,77	22,48	63,89	15,61
% penurunan	81,75		75,57	

Tabel 4.8 : Hasil laboratorium sistim lumpur aktif dengan waktu pengolahan 20 jam

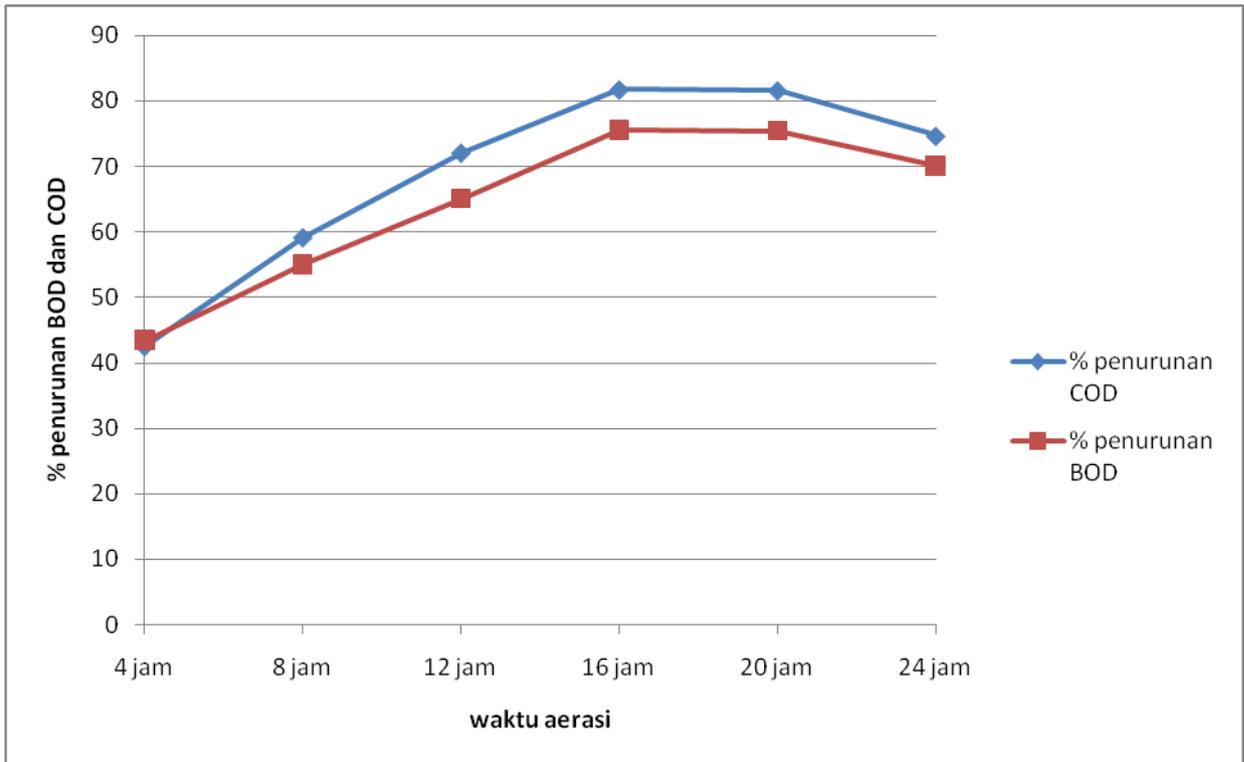
Hasil pengamatan setelah kondisi steady state	COD mg/l		BOD ₅ mg/l	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
	118,23	22,65	63,84	16,89
	117,89	21,11	65,67	15,55
	114,18	20,68	62,15	14,72
Rata-rata mg/l	116,77	21,48	63,89	15,72
% penurunan	81,61		75,39	

Tabel 4.9 : Hasil laboratorium sistim lumpur aktif dengan waktu pengolahan 24 jam

Hasil pengamatan setelah kondisi steady state	COD mg/l		BOD ₅ mg/l	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
	118,23	30,56	63,84	19,22
	117,89	28,12	65,67	20,68
	114,18	30,08	62,15	17,55
Rata-rata mg/l	116,77	29,58	63,89	19,15
% penurunan	74,67		70,03	

Tabel 4.10 : Rekapitulasi waktu aerasi dan % penurunan COD dan BOD percobaan pengolahan air limbah industri rambut palsu secara laboratorium sistem biologis lumpur aktif

Waktu tinggal aerasi	% penurunan COD	% penurunan BOD ₅
4 jam	42,55	43,39
8 jam	59,18	55,02
12 jam	72,09	65,05
16 jam	81,75	75,57
20 jam	81,61	75,39
24 jam	74,67	70,03



Gambar 4.3 : Grafik % penurunan COD dan BOD₅ vs waktu tinggal aerasi pada pengolahan air limbah industri rambut palsu pada sistem lumpur aktif

Dari hasil penelitian tersebut dapat dilihat bahwa makin lama waktu aerasi, maka % penurunan COD maupun BOD₅ makin meningkat hal ini disebabkan karena peruraian zat-zat organik oleh mikro organisme juga semakin sempurna.

Waktu tinggal optimal adalah 16 jam dimana % penurunan COD = 81,75 % sedang penurunan BOD₅ = 75,57 %. Tetapi pada pengolahan 20 dan 24 jam terjadi peningkatan lagi dari nilai COD dan BOD₅ sehingga % penurunan BOD₅ dan COD nya juga semakin turun. Hal ini disebabkan karena jumlah bakteri pengurai yang ada pada reaktor sudah tidak sebanding dengan zat-zat organik yang akan diuraikan, karena sebagian zat organik sudah terurai dan jumlah massa sel mikroorganisme sudah berkembang biak jumlahnya.

Selanjutnya dicoba pengolahan air limbah pada kondisi operasi optimal dan air limbah terolah tersebut dianalisa dengan parameter BMLC yang berlaku hasilnya disajikan pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 : Hasil analisa pengolahan air limbah industri rambut palsu secara biologi lumpur aktif kondisi optimal, Waktu tinggal optimal 16 jam ; DO > 2 ppm ; MLSS = 3000 ; pH 7

No,	Parameter	Satuan	Hasil Analisa		Baku mutu air limbah Perda Prop Jateng No,10 Th,2004	
			Influent	Efluent	I	II
	I, FISIKA					
1	Temperatur	⁰ C	31	30	38	38
2	TDS	mg/l	2028	1060	2000	4000
3	TSS	mg/l	228	36	100	200
	II, KIMIA					
1	pH		6,71	7,44	6 – 9	
2	Besi terlarut (Fe)	mg/l	0,381	0,220	5	10
3	Mangan Terlarut (Mn)	mg/l	0,053	0,020	2	5
4	Tembaga (Cu)	mg/l	< 0,005	< 0,005	2	3
5	Seng (Zn)	mg/l	0,037	0,029	5	10
6	Khrom Hexavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	0,005	0,005	0,1	0,5
7	Khrom Total (Cr)	mg/l	0,389	0,171	0,5	1
8	Kadmium (Cd)	mg/l	0,005	< 0,005	0,05	0,1
9	Timbal (Pb)	mg/l	< 0,030	< 0,030	0,10	1
10	Nikel (Ni)	mg/l	< 0,055	< 0,055	0,2	0,5
11	Sianida (CN)	mg/l	< 0,002	< 0,002	0,05	0,5
12	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	1,906	0,009	0,05	0,10
13	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/l	< 0,002	< 0,002	1	2
14	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	6,473	3,916	20	30
15	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	0,619	0,043	1	3
16	BOD5	mg/l	186,2	15,36	50	100
17	COD	mg/l	534,1	31,95	10	250

18	MBAS	mg/l	0,255	0,213	5	10
19	Fenol	mg/l	0,083	0,038	0,5	1
21	Minyak Total	mg/l	0,400	0,200	5	10

Keterangan :

- Golongan I : Syarat bagi air limbah yang dibuang ke badan air penerima kelas I, II, III dan laut
- Golongan II : Syarat bagi air limbah yang dibuang ke badan air penerima kelas IV.

Badan air penerima air limbah industri yang dipakai sebagai percobaan belum ditentukan klasifikasinya sehingga menurut peraturan masuk kedalam kelas II. Menurut Peraturan Perda Propinsi Jawa Tengah No. 10 Th 2004, apabila air limbah dibuang ke badan air / sungai kelas II maka air limbah dimasukkan dalam Baku Mutu Air Limbah Gol I. Sebelum dilakukan pengolahan apabila air limbah dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Gol I maka parameter – parameter air limbah yang telah melampaui Baku Mutu Air Limbah Gol I adalah TSS, Sulfida, BOD₅, COD. Setelah dilakukan pengolahan secara laboratorium biologi lumpur aktif kondisi optimum percobaan maka apabila air limbah terolah dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Gol I ternyata semua parameter air limbah terolah telah memenuhi Baku Mutu Air Limbah Gol I, dengan demikian terbukti dengan pengolahan kimia koagulasi dan biologi lumpur aktif ternyata air limbah terolah sudah dapat memenuhi Baku Mutu yang dipersyaratkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Dari hasil identifikasi karakteristik parameter air limbah industri rambut palsu yang cukup menonjol dibanding BMLC gol I Perda Prop Jateng No.10 Tahun 2004 adalah pH, BOD, COD, TSS, Sulfida, N-NH₃ dan minyak.
2. Pada koagulasi dengan koagulan PAC kondisi operasi optimal adalah pada pH = 6, dosis PAC 20% sejumlah 0,5 ml pada 500 ml air limbah % penurunan COD 78,29 % dan penurunan kekeruhan 95,79 %. Sedang untuk koagulan FeSO₄, kondisi optimal pada pH = 9, dosis FeSO₄ 20% sejumlah 2 ml (dalam 500 ml air limbah) dengan % COD = 67,43 % dan % penurunan kekeruhan = 93,25 %
3. Dengan pengolahan kimia baik dengan PAC maupun FeSO₄ maka air limbah terolah masih belum memenuhi BMLC Gol I Perda Prop Jateng No,10 tahun 2004. Untuk itu pengolahan air limbah masih harus dilanjutkan dengan pengolahan secara biologi.
4. Pada pengolahan air limbah industri rambut palsu langsung secara biologi lumpur aktif maka kondisi operasi optimal proses pengolahan biologi tersebut dicapai dengan waktu aerasi 16 jam, dengan % penurunan COD = 81,75 % sedang penurunan BOD₅ = 75,57 %. Pada kondisi optimum tersebut maka air limbah terolah sudah dapat memenuhi BMLC Gol I Perda Prop Jateng No.10 Tahun 2004.

5.2 SARAN

1. Untuk perencanaan IPAL skala lapangan maka hasil penelitian skala laboratorium dapat digunakan sebagai data dasar. Perhitungan disesuaikan dengan kapasitas dan debit serta kondisi lapangan dari industri.
2. Apabila digunakan proses pengolaan air limbah rambut palsu secara kimia disamping masih perlu pengolahan lanjut maka sebelumnya harus dipikirkan juga bagaimana pengelolaan lumpur kimia yang dihasilkan dari proses koagulasi kimia tersebut.
3. Untuk kedepan bisa dicoba dengan pengolahan langsung kimia saja atau biologi saja karena melihat beban limbah yang relatif kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaert,G., diterjemahkan oleh Santika, S., **Metoda Penelitian Air**, Usaha Nasional, Surabaya, 1984.
- Anonim, **Perda Prop Jateng No.10 tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah** , Bappedal Prop Jateng, 2004.
- Anonim, 2001, **PP 82 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air** .
- APHA AWWA, WEF, **Standart of Methods For The Examination of Water And Waste Water**, 20th Edition, 1998.
- BAPPEDAL dan Baristan Indag, **Profil Industri PT Indokeres Sahabat**, 2006.
- Besselierre Edmund, Schwortz Max, **The Treatment of Industrial Wastes** second edition, Mc Graw Hill Kogakusha, Tokyo.
- B.P.P.T, 2002, **Teknologi Pengolahan Limbah Cair**, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan B.P.P.T & BAPEDALDA Samarinda.
- Herlambang, arie., **Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri**, Badan pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT), Jakarta, 2002.
- <http://smk3ae.wordpress.com/feed/>
- <http://www.inovasi.lipi.go.id/anto.htm>
- <http://www.pdam-sby.go.id>
- <http://www.made-in-china.com/>
- <http://www.pdam-sby.go.id/bulekbasandiang.worpress.com/2009/03/26/pengolahan-air-minum>.
- <http://www.thorik.staff.uui.ac.id/2009/08/23/hubungan-antara-total-suspended-solid-dengan-turbidity-dan-dissolved-oxygen>
- Metcalf & Eddy, **Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse** , Mc Graw-Hill International Edition, Singapore, 1991.

- Kacel Szprkowicz Kumar, **Waste Water Treatment Technologies and Environment** ,
Vol 1, Daya Publishing House, Delhi 110035
- Perda Propinsi Jawa Tengah No 10, **Baku Mutu Air Limbah**, 2004.
- Siregar, S.A., **Instalasi Pengolahan Air Limbah**, Kanisius, Yogyakarta, 2005.
- Suhardi, **Petunjuk Laboratorium Analisa Air dan Penanganan Limbah**, UGM
Yogyakarta, 1990.
- Sugiharto, **Dasar – Dasar Pengelolaan Air Limbah**, UI-Press, Jakarta, 1987.
- Standar Nasional Indonesia 06-6989.15-2004, **Air dan Air Limbah- Bagian 15: Cara Uji
Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) Refluks Terbuka Dengan Refluks Terbuka
Secara Titrimetri**, 2004.
- Standar Nasional Indonesia 06-6989.14-2004, **Air dan Air Limbah Bagian 14: Cara Uji
Oksigen Terlarut Secara Iodometri (Modifikasi Azida) ,** 2004.
- Standar Nasional Indonesia 06-6989.25-2005, **Air dan Air Limbah Bagian 25: Cara Uji
Kekeruhan Dengan Nefelometer ,** 2005.
- Tchobanoglous George, Franklin, David, **Wastewater Engineering Treatment and Reuse.**
McGraw-Hill, New York, 2003
- Yetro, **Green Aid Plan di Indonesia Referensi Aih Teknologi Pengolahan Limbah Cair
Industri Tekstil**, Yetro Jakarta, 2000.

LAMPIRAN

1. Cara uji COD (*Chemical Oxygen Demand*) dengan refluks terbuka secara titrimetri

1.1 Prinsip

Zat organik dioksidasi dengan campuran mendidih asam sulfat dan kalium dikromat yang diketahui normalitasnya dalam suatu refluks selama 2 jam. Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi, dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS).

1.2 Bahan

a) larutan baku kalium dikromat 0,25 N.

Larutkan 12,259 g $K_2Cr_2O_7$ (yang telah dikeringkan pada $150^{\circ}C$ selama 2 jam) dengan air suling dan tepatkan sampai 1000 mL.

b) larutan asam sulfat – perak sulfat.

Tambahkan 5,5 g Ag_2SO_4 kedalam 1 kg asam sulfat pekat atau 10,12 g Ag_2SO_4 dalam 1000 mL asam sulfat pekat, aduk dan biarkan 1 hari sampai 2 hari untuk melarutkan.

c) larutan indikator ferroin.

Larutkan 1,485 g 1,10 phenanthrolin monohidrat dan 0,695 g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dalam air suling dan encerkan sampai 100 mL.

d) larutan ferro ammonium sulfat (FAS) 0,1 N.

Larutkan 39,2 g $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ dalam air suling, tambahkan 20 mL H_2SO_4 pekat, dinginkan dan tepatkan sampai 1000 mL.

Bakukan larutan ini dengan larutan baku kalium dikromat 0,25 N.

e) serbuk merkuri sulfat, $HgSO_4$.

1.3 Peralatan

a) peralatan refluks, yang terdiri dari labu erlenmeyer, pendingin *Liebig* 30 cm;

b) *hot plate* atau yang setara;

c) labu ukur 100 mL dan 1000 mL;

d) buret 25 mL atau 50 mL;

e) pipet volum 5 mL; 10 mL; 15 mL dan 50 mL;

f) erlenmeyer 250 mL (labu refluks); dan

g) timbangan analitik.

1.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

- a) Aduk contoh uji hingga homogen dan segera lakukan analisis.
- b) Contoh uji diawetkan dengan menambahkan H₂SO₄ sampai pH lebih kecil dari 2,0 dan contoh uji disimpan pada pendingin 4°C dengan waktu simpan 7 hari.

1.5 Prosedur

- a) Pipet 10 mL contoh uji, masukkan kedalam erlenmeyer 250 mL.
- b) Tambahkan 0,2 g serbuk HgSO₄
- c) Tambahkan 5 mL larutan kalium dikromat, K₂Cr₂O₇ 0,25 N.
- d) Tambahkan 15 mL pereaksi asam sulfat – perak sulfat perlahan-lahan sambil didinginkan dalam air pendingin.
- e) Hubungkan dengan pendingin *Liebig* dan didihkan diatas *hot plate* selama 2 jam.
- f) Dinginkan dan cuci bagian dalam dari pendingin dengan air suling hingga volume contoh uji menjadi lebih kurang 70 mL.
- g) Dinginkan sampai temperatur kamar, tambahkan indikator ferroin 2 sampai dengan 3 tetes, titrasi dengan larutan FAS 0,1 N sampai warna merah kecoklatan, catat kebutuhan larutan FAS.
- h) Lakukan langkah a) sampai dengan g) terhadap air suling sebagai blanko. Catat kebutuhan larutan FAS. Analisis blanko ini sekaligus melakukan pembakuan larutan FAS dan dilakukan setiap penentuan COD.

1.6 Perhitungan

1.6.1 Normalitas larutan FAS

$$\text{Normalitas FAS} = \frac{V_1 N_1}{V_2}$$

dimana :

V₁ adalah volume larutan K₂Cr₂O₇ yang digunakan, mL;

V₂ adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan, mL;

N₁ adalah Normalitas larutan K₂Cr₂O₇.

1.6.2 Kadar COD

$$\text{COD (mg/L O}_2\text{)} = (A - B) \times N \times 8000/10 \times P$$

dimana :

A adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko, mL;

B adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh, mL;

N adalah normalitas larutan FAS.

1.7 Perhitungan Nilai COD Untuk Koagulan PAC

Titar A = **13,07**

N. FAS = **0,09564**

COD = (A-B) x N.FAS x 8000/10 x P

No	Kode Contoh	Pengenceran	Titar B	COD
1	pH 5 ; 0.5 ml	1	10.06	230,25
2	pH 5 ; 1.0 ml	1	10.78	175,30
4	pH 5 ; 2.0 ml	1	10.78	175,30
5	pH 6 ; 0.5 ml	1	11.76	114,25
6	pH 6 ; 1.0 ml	1	11.55	116,45
7	pH 6 ; 1.5 ml	1	11.28	137,09
8	pH 6 ; 2.0 ml	1	11.16	145,95
9	pH 7 ; 0.5 ml	1	10.68	182,79
10	pH 7 ; 1.0 ml	1	11.35	131,19
11	pH 7 ; 1.5 ml	1	11.74	115,71
12	pH 7 ; 2.0 ml	1	11.25	139,15
13	pH 8 ; 0.5 ml	1	10.70	181,33
14	pH 8 ; 1.0 ml	1	10.74	178,38
15	pH 8 ; 1.5 ml	1	10.79	173,95
16	pH 8 ; 2.0 ml	1	11.14	147,42

1.8 Perhitungan Nilai COD Untuk Koagulasi dengan Ferro Sulfat

Titar A = **12,98**

N. FAS = **0,096302**

COD = (A-B) x N.FAS x 8000/10 x P

No	Kode Contoh	Pengenceran	Titar B	COD
1	pH 9 ; 0.5 ml	1	9.31	282.55
2	pH 9 ; 1.0 ml	1	9.65	256.50
3	pH 9 ; 1.5 ml	1	9.61	259.56
4	pH 9 ; 2.0 ml	1	10.76	170.70
5	pH 10 ; 0.5 ml	1	10.31	205.93
6	pH 10 ; 1.0 ml	1	10.33	204.40

7	pH 10 ; 1.5 ml	1	10.59	184.49
8	pH 10 ; 2.0 ml	1	9.69	253.44
9	pH 11 ; 0.5 ml	1	9.90	237.09
10	pH 11 ; 1.0 ml	1	9.94	234.05
11	pH 11 ; 1.5 ml	1	9.82	243.17
12	pH 11 ; 2.0 ml	1	10.06	224.92
13	pH 12 ; 0.5 ml	1	9.69	253.82
14	pH 12 ; 1.0 ml	1	10.69	176.28
15	pH 12 ; 1.5 ml	1	9.92	235.58
16	pH 12 ; 2.0 ml	1	10.44	196.05

2. Cara uji BOD (*Chemical Oxygen Demand*) secara *Iodometri*

2.1 Prinsip

Sejumlah contoh uji ditambahkan kedalam air pengencer, kemudian diinkubasi pada ruang gelap pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari. Nilai BOD dihitung berdasarkan selisih kadar oksigen terlarut nol hari dan 5 hari.

2.2 Bahan

1. Air bebas mineral / aquades
2. Larutan buffer phosphate

Larutkan 42,5 gr Kalium dihidrogen Phospat (KH_2PO_4) ; 1,7 gr Amonium klorida (NH_4Cl); dalam 700 ml air bebas mineral, atur pH larutan sampai 7,2 dengan penambahan NaOH 30 % kemudian encerkan sampai 1 L.

3. Larutan magnesium sulfat

Larutkan 22,5 gr $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan air bebas mineral, kemudian encerkan sampai 1 Lt.

4. Larutan Kalsium klorida

Larutkan 27,5 gr CaCl_2 anhidrat dengan air bebas mineral, kemudian encerkan sampai 1 Lt.

5. Larutan feri klorida

Larutkan 0,25 gr $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ anhidrat dengan air bebas mineral, kemudian encerkan sampai 1 Lt.

6. Air Pengencer

Siapkan air bebas mineral jenuh oksigen atau yang minimum mengandung 7,5 mg O₂/L yaitu dengan cara diaerasi, kemudian tambahkan nutrien masing-masing 1 ml tiap 1 liter aquades. Nutrien itu adalah larutan buffer phosphate, magnesium sulfat, kalsium klorida dan feri klorida.

7. Larutan indikator kanji (amylum).

Masukkan 2 gr kanji dan \pm 0,2 gr asam salisilat ke dalam 100 ml aquades panas kemudian aduk sambil dipanaskan hingga larut.

8. Larutan Mangan Sulfat

Larutkan 480 gr MnSO₄.4H₂O atau 364 gr MnSO₄ .H₂O dengan aquadest kedalam labu takar 1000 ml, tepatkan sampai tanda tera.

9. Larutan Thio sulfat 0,025 N

Timbang 6,205 gr Na₂S₂O₃. 5H₂O dan larutkan dengan aquades yang telah dididihkan (bebas oksigen). Tambahkan 1,5 ml NaOH 6 N atau 0,4 gr NaOH dan encerkan hingga 1000 ml.

10. Larutan Alkali yodida Azida

Larutkan 500 gr NaOH atau 700 gr KOH dan 135 gr NaI atau 150 gr KI dengan aquades. Encerkan samapi 1000 ml. Tambahkan larutan 10 gr NaN₃ dalam 400 ml air suling.

11. Asam Sulfat Pekat

12. Larutan baku K₂Cr₂O₇ 0,025 N

Larutkan 1,2259 gr K₂Cr₂O₇ yang telah dikeringkan pada 150 °C selama 2 jam dengan air suling dan tepatkan sampai 1000 ml.

13. Larutan KI 20 %

Timbang 20 gr KI dan larutkan dalam aquades, masukkan dalam labu takar 100 ml dan tepatkan sampai tanda tera.

2.3 Peralatan

1. Botol DO
2. Lemari inkubasi suhu 20 °C \pm 1 °C
3. Labu takar 500, 1000 ml
4. Pipet volumetrik 1; 5 ; 10 ; 20 ; 25 ; 50 dan 100 ml
5. Buret
6. Timbangan analitik

7. Erlenmeyer 50 ; 500 ml

2.4 Cara Kerja

1. Siapkan air pengencer sesuai dengan jumlah sampel.
2. Pipet sampel sesuai dengan faktor pengenceran dalam labu takar 500 ml.
3. Tambahkan air pengencer ke dalam labu takar sampai tanda tera dan kocok sampai homogen.
4. Masukkan masing – masing sampel kedalam 2 buah botol DO/ botol winkler sampai meluap. Hati hati- jangan samapai ada gelembung udara didalam botolnya dan tutup botol.
5. Botol pertama langsung diuji sebagai DO hari ke 0, dan botol ke dua dimasukkan dalam lemari inkubasi yang bersuhu 20 °C untuk selanjutnya diinkubasi selama 5 hari dan uji sebagai DO hari ke 5.
6. Kedalam sampel yang yang sudah ada didalam botol winkler tambahkan dengan pipet 1 ml larutan mangan sulfat di bawah permukaan cairan.
7. Kemudian tambahkan 1 ml larutan alkali iodide azida dengan pipet yang lain. Botol ditutup kembali dengan hati-hati untuk mencegah terperangkapnya udara dari luar, kemudian dikocok dengan dengan membalik-balikkan botol beberapa kali.
8. Biarkan gumpalan mengendap Selma 15 menit. Bila proses pengendapan sudah sempurna kemudian ditambah dengan 1 ml H₂SO₄ pekat kemudian dikocok kembali sampai semua endapan larut.
9. Pipet 50 ml larutan kemudian masukkan dalam Erlenmeyer dan kemudian titrasi dengan larutan thiosulfat sampai warna kuning muda.
10. Tambahkan indicator amylum 2 tetes sampai warnanya berubah jadi biru kemudian lanjutkan titrasi dengan larutan thiosulfat sampai warna biru hilang pertama kali (setelah beberapa menit akan timbul lagi)
11. Untuk DO 5 hari lakukan analisa seperti butir 6 s/d 10.

2.5 Standarisasi larutan Thio sulfat

1. Pipet 10 ml K₂Cr₂O₇ dan 10 ml KI. Kemudian tambahkan 2,5 ml HCl 1:1.
2. Titrasi dengan tiosulfat sampai warna berubah dari coklat tua menjadi kuning muda kemudian tambahkan 2 tetes indicator amylum hingga warnanya berubah jadi biru.

3. Lanjutkan titrasi sampai warna biru hilang pertama kali.
4. Catat kebutuhan Thiosulfat
5. Hitung normalitas Thio dengan rumus
6. $N_{thio} = N_{K_2Cr_2O_7} \times V_{K_2Cr_2O_7} / V_{Thiosulfat}$

2.6 Perhitungan Nilai BOD

N Thio Sulfat : 0,024 N

$$BOD_5 = \frac{((Titar\ 0 \times N.Thio) - (Titar\ 5 - Titar\)) \times 8000 \times P}{50}$$

No	Kode Contoh	P	Titar		Hasil BOD 5
			0 hari	5 hari	
1	Awal	20	1,93	1,10	63,84
2	Awal	20	2,01	1,15	65,67
3	Awal	20	1,98	1,17	62,15
4	4 Jam	10	1,84	0,93	35,11
5	4 Jam	10	1,92	0,91	38,65
6	4 Jam	10	1,90	1,00	34,74
7	8 Jam	10	1,87	1,14	28,09
8	8 Jam	10	1,99	1,20	30,16
9	8 Jam	10	1,89	1,16	27,87
10	12 Jam	5	1,93	0,83	21,09
11	12 Jam	5	1,90	0,63	24,34
12	12 Jam	5	1,92	0,80	21,56
13	16 Jam	5	1,95	1,12	15,88
14	16 Jam	5	1,96	1,12	16,17
15	16 Jam	5	1,97	1,20	14,78
16	20 Jam	10	1,88	1,44	16,89
17	20 Jam	10	1,86	1,46	15,55
18	20 Jam	10	1,92	1,54	14,72
19	24 Jam	20	2,01	1,76	19,22
20	24 Jam	20	1,97	1,70	20,68
21	24 Jam	20	1,94	1,71	17,55

3. Cara Uji Kekeruhan Dengan Nefelometer

3.1 Prinsip

Intensitas cahaya contoh uji yang diserap dan dibiaskan, dibandingkan terhadap intensitas cahaya suspensi baku.

3.2 Bahan :

- Aguades
- Suspensi baku kekeruhan : 0-10 NTU ; 0-100 NTU ; 0-1000 NTU
- Limbah cair yang akan dianalisa

3.3 Peralatan :

- Nefelometer
- Botol semprot
- Tabung nefelometer

3.4 Prosedur pengujian :

Kalibrasi nefelometer

1. Optimalkan nefelometer untuk pengujian kekeruhan sesuai petunjuk penggunaan alat.
2. Masukkan suspensi baku kekeruhan (misalnya 0-10 NTU) ke dalam nefelometer. Pasang tutupnya.
3. Biarkan alat menunjukkan nilai pembiasan.
4. Keluarkan standar baku kekeruhan tersebut, ganti dengan standar 0-100 NTU kemudian 0-1000 NTU, prosedur sama dengan di atas.

Penetapan contoh uji

1. Cuci tabung nefelometer dengan air.
2. Kocok contoh dan masukkan contoh ke dalam tabung pada nefelometer. Pasang tutupnya dan biarkan alat menunjukkan nilai pembiasan yang stabil.
3. Catat nilai kekeruhan contoh yang teramati.

Perhitungan :

Kekeruhan (NTU) = $A \times fp$

Keterangan :

A adalah kekeruhan dalam NTU contoh yang diencerkan

fp adalah faktor pengenceran

3.5 Pembacaan Nilai Kekerusuhan Untuk Koagulan PAC

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times fp$$

No.	Kode Contoh	Pengenceran	Pembacaan	Kekeruhan
1	Awal	1	98.5	98.5
2	pH 5 : 0.5 ml	1	8.04	8.04
3	pH 5 : 1.0 ml	1	6.96	6.96
4	pH 5 : 1.5 ml	1	6.04	6.04
5	pH 5 : 2.0 ml	1	6.46	6.46
6	pH 6 : 0.5 ml	1	4.15	4.15
7	pH 6 : 1.0 ml	1	3.88	3.88
8	pH 6 : 1.5 ml	1	4.00	4.00
9	pH 6 : 2.0 ml	1	4.87	4.87
10	pH 7 : 0.5 ml	1	5.15	5.15
11	pH 7 : 1.0 ml	1	4.15	4.15
12	pH 7 : 1.5 ml	1	4.00	4.00
13	pH 7 : 2.0 ml	1	3.99	3.99
14	pH 8 : 0.5 ml	1	5.36	5.36
15	pH 8 : 1.0 ml	1	3.88	3.88
16	pH 8 : 1.5 ml	1	4.00	4.00
17	pH 8 : 2.0 ml	1	4.87	4.87

3.6 Perhitungan Nilai Kekerusuhan Untuk Koagulasn Ferro Sulfat

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times fp$$

No.	Kode Contoh	Pengenceran	Pembacaan	Kekeruhan
1	Awal	1	98.5	98.5
2	pH 9 : 0.5 ml	1	6.06	6.06
3	pH 9 : 1.0 ml	1	5.23	5.23
4	pH 9 : 1.5 ml	1	6.42	6.42
5	pH 9 : 2.0 ml	1	6.65	6.65
6	pH 10 : 0.5 ml	1	9.37	9.37
7	pH 10 : 1.0 ml	1	7.92	7.92
8	pH 10 : 1.5 ml	1	6.27	6.27
9	pH 10 : 2.0 ml	1	8.4	8.40
10	pH 11 : 0.5 ml	1	6.72	6.72
11	pH 11 : 1.0 ml	1	6.15	6.15
12	pH 11 : 1.5 ml	1	5.15	5.15
13	pH 11 : 2.0 ml	1	5.11	5.11
14	pH 12 : 0.5 ml	1	4.95	4.95
15	pH 12 : 1.0 ml	1	4.98	4.98
16	pH 12 : 1.5 ml	1	4.96	4.96
17	pH 12 : 2.0 ml	1	4.63	4.63

LAMPIRAN GAMBAR

A. PT. Indokores Sahabat



B. Proses pengolahan limbah cair rambut palsu di PT. Indokores Sahabat



C. Proses limbah cair industri rambut palsu dihasilkan



Pewarnaan rambut palsu

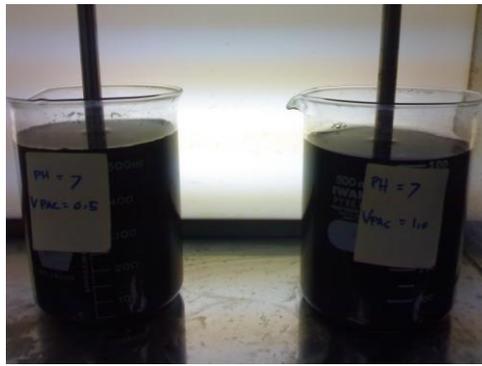
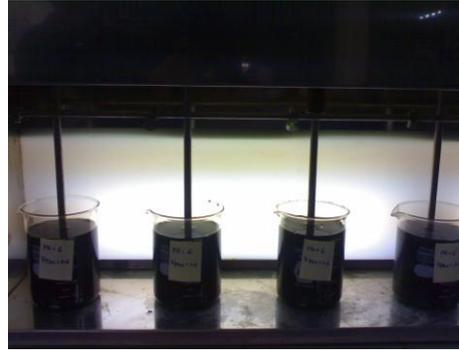


Pencucian rambut palsu

D. Proses pengambilan sampel limbah cair industri rambut palsu di PT. Indokores Sahabat



E. Proses pengolahan limbah cair secara koagulasi flokulasi (Jar Test)



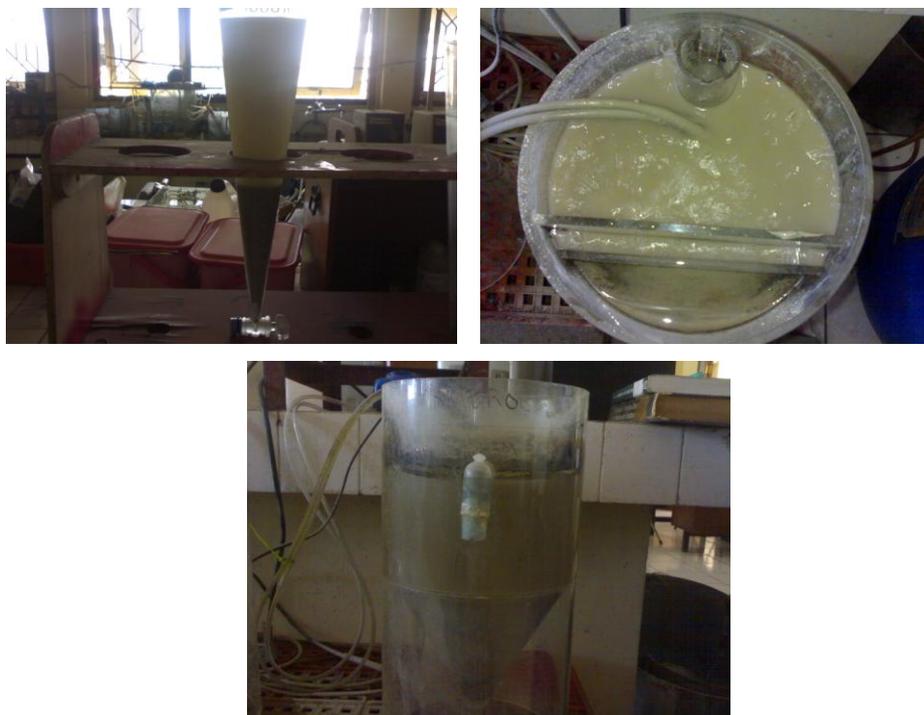
F. Proses pendiaman (pengendapan) sampel setelah proses koagulasi flokulasi



G. Hasil dari sampel limbah cair pada beberapa variabel setelah endapan limbah dipisahkan



H. Proses pengolahan biologi aerob (lumpur aktif)



I. Analisa COD (refluk terbuka)

