

PENURUNAN EFEK TOKSIK LIMBAH UBIKAYU DENGAN MEDIA FILTRASI

Nurhayati dan Lam Yalid

Fakultas Teknik Universitas Satya Negara Indonesia

Abstrak

Limbah tapioka umumnya lebih bersifat bahan organik yang mudah terurai oleh mikroorganisme yang jika dibuang ke perairan akan menyebabkan turunnya pH, naiknya BOD, turunnya oksigen terlarut dan menimbulkan bau busuk. Penanganan limbah cair industri tapioka diperlukan suatu cara yang dapat menghasilkan bahan buangan yang tidak menimbulkan pencemaran. Filtrasi adalah proses pemisahan campuran solida likuida melalui media porous yang mana solida tersuspensi tertahan pada atau didalam media dan likuida atau cairannya terlewatkan. Penelitian dilakukan dengan eksperimen filtrasi. Analisis data menggunakan analisis varian dan uji jarak Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa : Semua perlakuan arang dan ijuk berpengaruh sangat nyata ($P<0,01$) dalam menurunkan kadar TDS air limbah tapioka. Antar perlakuan menunjukkan pengaruh yang sangat berbeda nyata terhadap penurunan kadar TDS ($P <0,01$). Perlakuan dengan menggunakan media ijuk 30 g dan arang aktif 40 g menunjukkan filter yang terbaik diatas semua perlakuan karena dapat menurunkan kadar TDS hingga dibawah baku mutu yang ditetapkan. Konsentrasi TDS awal 2088 mg/l dan setelah penyaringan dilakukan terjadi penurunan hingga 987,3 mg/l.

Kata kunci : limbah tapioka, filtrasi, arang aktif.

Abstract

Tapioca wastes are generally more biodegradable organic material by microorganisms which, when thrown into the water will cause a drop in pH, increased BOD, dissolved oxygen decline and cause a foul odor. Tapioca liquid waste handling industry needed a way to produce waste material that does not cause pollution. Filtration is the process of separating a mixture of liquid through porous media which suspended solid retained on or in the media, and liquid or liquid overlooked. Research carried out by filtration experiment. Analysis of the data using analysis of variance and Duncan range test. The results showed that: All treatments charcoal and fibers was highly significant ($P <0.01$) in reducing the levels of TDS wastewater tapioca. Between treatments showed a significantly different effect on TDS level decreased ($P <0.01$). Treatment using the media ijuk aktif 30 g and 40 g charcoal filter shows the best overall treatment because it can reduce levels of TDS to below the quality standard specified. Initial TDS concentration 2088 mg / l and after screening conducted a decline to 987.3 mg / l.

Keywords: tapioca waste, filtration, activated charcoal.

PENDAHULUAN

Ubikayu atau singkong (*Manihot utilissima*) merupakan salah satu tanaman pertanian yang penting di Indonesia. Tanaman ini merupakan tanaman yang tinggi hasil panennya sekalipun ditanam di atas tanah yang tidak begitu subur serta mudah perawatannya. Ubikayu memiliki potensi daya guna yang tinggi, hampir seluruh bagian tumbuhan ini dapat dimanfaatkan. Umbinya dimanfaatkan untuk "gapplek", makanan ternak dan untuk diambil tepung patinya atau di kenal dengan nama tapioka. Tapioka banyak digunakan untuk bahan baku produk makanan seperti kerupuk, roti atau kue, sirup fruktosa dan lain-lain, juga untuk industri fermentasi yang memproduksi etil alcohol, acetone, asam sitrat, bumbu masak dan untuk produksi Protein Sel Tunggal.

Dampak positif industri tapioka adalah bahwa industri ini sangat membantu para petani lemah yang hanya mampu melaksanakan sistem pertanian sederhana di suatu daerah yang tanahnya relatif kurang subur. Yang menjadi permasalahan besar sekarang adalah dampak negatif industri tapioka terhadap lingkungan, khususnya dalam bentuk pencemaran oleh limbah tapioka terhadap sistem perairan dan sungai, rusaknya biota di dalam air sungai dan disekitar penerima dan terjadinya perembesan ke dalam sumur yang kemudian dapat menimbulkan berbagai gangguan lainnya.

Limbah dari industri tapioka terdiri atas ampas ubikayu (onggok) yang berbentuk padat yang sebagian telah dimanfaatkan, demikian juga dengan kulit dan sisa potongan ubikayu, sedangkan limbah cair yang dihasilkan langsung dibuang ke badan air (sungai). Limbah cair industri tapioka dihasilkan dari proses pembuatan, baik dari pencucian bahan baku sampai dengan proses pemisahan pati dari airnya atau proses pengendapan.

Limbah tapioka umumnya lebih bersifat bahan organik yang mudah terurai oleh mikroorganisme yang jika dibuang ke perairan akan menyebabkan turunnya pH, naiknya BOD, turunnya oksigen terlarut dan menimbulkan bau busuk. Akibatnya akan mengganggu perairan umum dengan mengurangi kualitas lingkungannya serta mengurangi kegunaannya.

Penanganan limbah cair industri tapioka diperlukan suatu cara yang dapat menghasilkan bahan buangan yang tidak menimbulkan pencemaran (effluent dengan kadar bahan organik yang kecil), selain mempertimbangkan tentang bahan-bahan yang akan digunakan relatif mudah di dapat disekitar lokasi industri tapioka dan lebih murah.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka perumusan masalah dapat disusun sebagai berikut :

1. Berapa besar karakteristik limbah tapioka yang ada didalam air bekas pengendapan pati terutama zat padat terlarut (TDS) ?
2. Sejauhmana ke-efektifan sesuatu alat filtrasi dalam menurunkan efek toksik limbah tapioka terhadap perairan ?

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat memberikan informasi dan masukan kepada pihak pengelola industri tapioka tentang pemakaian filtrasi dalam meningkatkan kualitas air dari hasil buangan industri tapioka.
2. Menurunkan kadar padatan air limbah tapioka untuk mengurangi potensi penghasil bahan pencemar.

Ruang Lingkup

Untuk memperjelas dan mempertegas penelitian perlu adanya pembatasan ruang lingkup penelitian, maka penelitian ini dibatasi hanya menyangkut penurunan kualitas limbah cair industri tapioka yang berpotensi sebagai bahan pencemar dalam proses pasca produksi tapioka.

Dari perumusan masalah yang diajukan, disusun hipotesis sebagai berikut : Berat ijuk dan arang aktif sebagai wadah atau media filter akan berpengaruh dalam merumuskan konsentrasi zat padat terlarut (TDS) limbah tapioka.

LANDASAN TEORI

Limbah Industri Tapioka

Limbah industri tapioka bersumber pada unit pengolahan pada tahapan tertentu. Tahapan yang berbeda menghasilkan limbah dengan bentuk, sifat dan kualitas yang berbeda. Pada proses pengolahan tapioka terdapat 4 (empat) macam limbah yaitu: 1) Kulit umbi, 2) Air bekas cucian umbi, 3) Air bekas pengendapan dan 4) Air bekas pencucian pati (Gambar 1). Limbah tapioka kaya akan bahan organik seperti: pati, serat, protein, gula dan sebagainya. Komponen limbah ini merupakan sisa pati yang tidak terekstrak serta komponen-komponen pati yang terlarut dalam air.

Dilihat dari prosesnya maka dapat diperkirakan kulit umbi merupakan sianida yang potensial, air bekas cucian itu mengandung kotoran berupa tanah, serpihan kulit, sianida dan mungkin pati terlarut. Komponen air bekas pencucian diperkirakan terdiri dari tanah, protein, serat, gula, sianida dan pati terlarut. Sedangkan komponen air bekas endapan pati diperkirakan sebagian besar mengandung pati terlarut.

Tabel 1. Komposisi ampas tapioca

Komposisi	Kandungan (%)
Karbohidrat	65,9
Protein	2,5
Lemak	1,0
Serat	8,1
Abu	9,1
Air	12,7

Sumber : Ciptadi dkk, 1983

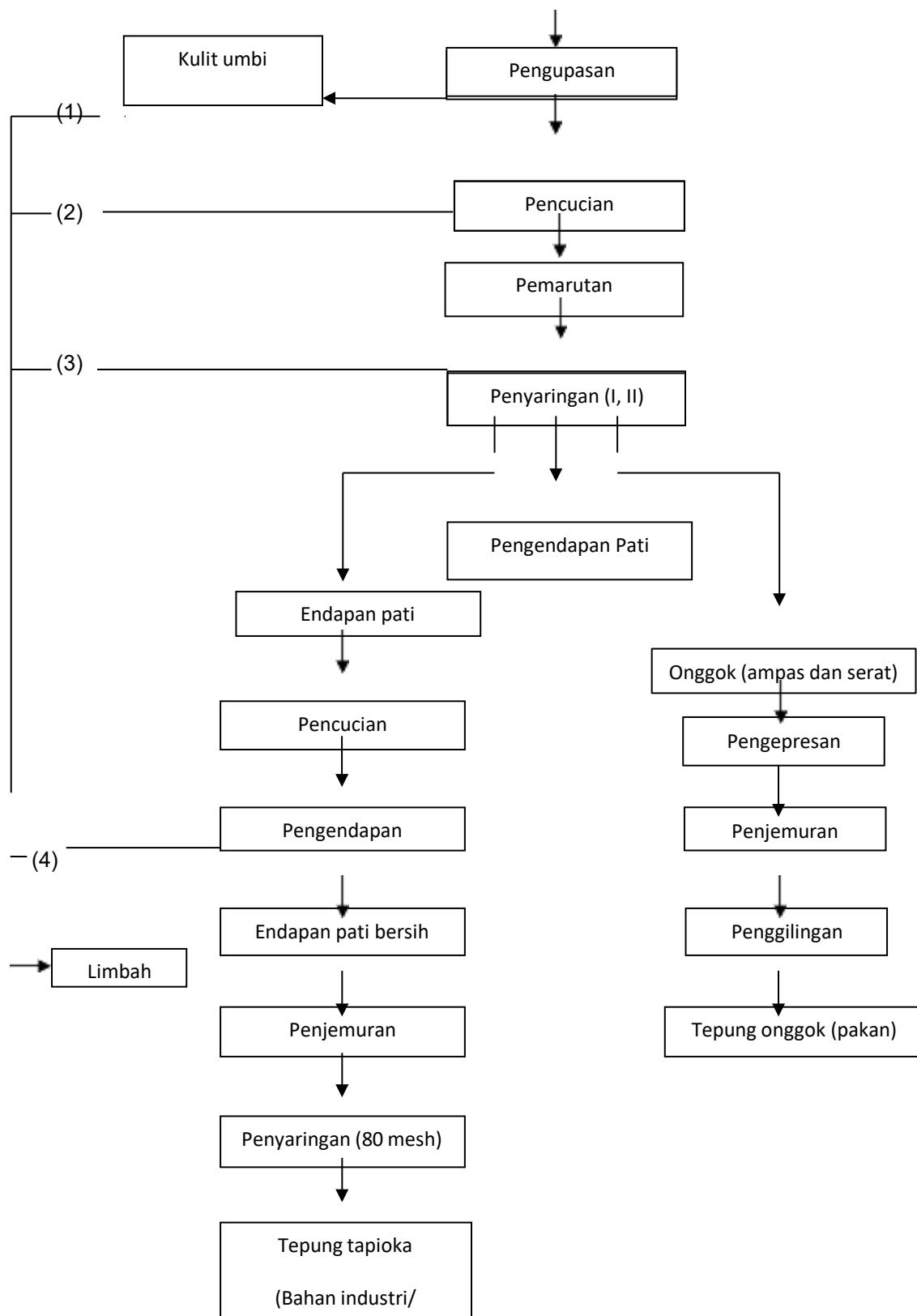
Limbah cair dari proses pencucian dan pengendapatan pati mempunyai karakteristik fisika dan kimia yang berbeda. Karakteristik kedua limbah tersebut di sajikan pada Tabel 2.

Hasil pengolahan dari tapioka itu biasanya menghasilkan bau busuk yang berasal dari penjemuran tepung tapioka dan onggok yang tidak sempurna, dan juga dari cairan limbahnya. Pada beberapa unit pengolahan besar timbul keluhan dari masyarakat tentang adanya polusi lingkungan akibat pembuangan limbahnya. Sebab sungai tempat pembuangan limbah tapioka yang sehari-hari dipergunakan untuk keperluan penduduk setempat tercemar dengan timbulnya penyakit kulit gatal-gatal. Dicurigai penyebabnya adalah meningkatnya polusi cacing karena suburnya perairan dengan bahan organik.

Tabel 2. Karakteristik fisika dan kimia air bekas pencucian umbi dan pengendapan pati

Karakteristik Limbah	Kisaran nilai	
	Air bekas pencucian umbi	Air bekas pengendapan pati
Fisika		
Suhu (°C)	28,0 - 31,0	28,5 - 33,0
Padatan tersuspensi (mg/l)	400,0 - 6100,0	1480,0 - 8400,0
Kimia		
Derajat keasaman	4,2 - 7,1	3,4 - 4,2
O ₂ terlarut (mg/l)	0,6 - 5,3	0
BOD ₅	200,0 - 1700,0	3000,0 - 4400,0
Alkalinitas (mg/l)	0 - 50,0	0
Kesadahan (mg/l)	19,2 - 225,5	667,5 - 860,2
Amonia (mg/l)	0,10 - 1,14	0 - 4,7
Nitrat (mg/l)	0,11	0
Phosphor (mg/l)	1,22 - 1,34	5,6 - 8,5

Sumber : Jesuitas dalam Sundhagul, 1972



Gambar 1. Bagian alir proses pengolahan bahan industri tapioka
(Ciptadi dan Nasution *dalam* Ciptadi dkk, 1983)

Tabel 3. Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Tapioka

Debit Limbah Maksimum sebesar 60 meter kubik per ton produk		
Parameter	Kadar Maksimum	Beban Pencemaran Maksimum
BOD5	200 mg/l	12,0 kg/ton produk
COD	400 mg/l	24,0 kg/ton produk
Padatan Tersuspensi Total	150 mg/l	9,0 kg/ton produk
CN (Sianida)	0,5 mg/l	0,03 kg/ton produk
pH	6 - 9	

Sumber : Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup
Nomor Kep-03/MENKLH/II/1991

Pencemaran Air

Pencemaran pada perairan terbuka dimana limbah tapioka dibuang, ditandai dengan perubahan pada kualitas airnya yaitu :

- 1) Peningkatan zat padat berupa senyawa organik sehingga timbul kenaikan limbah padatan, tersuspensi maupun terlarut.
- 2) Peningkatan kebutuhan mikroba pembusuk senyawa organik akan gas oksigen dalam air (BOD_5)
- 3) Peningkatan kebutuhan proses kimiawi dalam air akan gas oksigen (COD).
- 4) Peningkatan senyawa zat-zat racun dalam air dan pembawa bau busuk yang menyebar keluar dari ekosistem akuatik itu sendiri.
- 5) Peningkatan derajat keasaman yang dinyatakan dengan pH yang rendah dari air yang tercemar sehingga merusak keseimbangan ekosistem akuatik perairan terbuka.

Bahan-bahan terlarut dari limbah tapioka terutama adalah senyawa nitrogen, karbohidrat, asam-asam organik dan mineral-mineral. Dalam bentuk padat tersuspensi adalah protein, karbohidrat, lemak, jaringan ikat (connective tissue), dan mineral. Limbah tapioka ini akan secara bereaksi "putrefactive" dan fermentasi. Bila dibuang ke sungai, oksigen diserap dan ganggang maupun tumbuhan lain tumbuh dengan cepat. Jika aliran terlalu banyak muatan, kandungan oksigennya akan habis, akan terjadi proses anaerobik "putrefaction" dan kehidupan tingkat tinggi akan mati.

"Putrefaction" adalah dekomposisi protein secara abiotik. Dekomposisi ini mengakibatkan air berbusa, berbau busuk dan tidak cocok bagi kehidupan ikan atau hewan lain yang ada di dalam air.

Pengelolaan Air Limbah

Menurut Djajadiningsrat (1992), tujuan pengolahan air limbah adalah untuk menurunkan kadar zat pencemar yang terkandung di dalam air limbah sampai memenuhi syarat effluent yang berlaku. Proses pengolahan air limbah apapun tidak mungkin dapat menghilangkan sama sekali kadar pencemar, melainkan hanya dapat menurunkan sampai batas-batas yang diperkenankan oleh peraturan yang berlaku.

Menurut Benefield dan Randall (1980), proses pengolahan air limbah pada hakikatnya adalah suatu tindakan pencegahan dan penanggulangan air limbah sebelum di buang ke badan air penerima, sehingga air tersebut tidak mengganggu lingkungan penerima. Perlakuan yang dapat diterapkan untuk pengolahan air limbah tergantung sifat, komposisi dan tingkat penurunan bahan pencemar yang dikehendaki.

Secara umum metode pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi 3, yaitu :

1. Pengolahan secara fisik

Pengolahan secara fisik adalah perlakuan pendahuluan terhadap air limbah yang bertujuan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dapat mengendap atau bahan-bahan terapung dapat dihilangkan terlebih dahulu tanpa penambahan zat-zat kimia atau melalui penghancur secara biologis.

2. Pengolahan secara kimia

Pengolahan secara kimia adalah pengolahan yang memerlukan bahan kimia agar terjadi reaksi kimia dengan tujuan menyisihkan bahan-bahan pencemar. Perbedaan mendasar antara pengolahan kimia dan pengolahan fisik adalah adanya bahan kimia tertentu yang ditambahkan pada proses untuk mencapai hasil yang dikehendaki. Penambahan bahan kimia tersebut diharapkan dapat menimbulkan peningkatan kandungan bahan terlarut atau terendap.

3. Pengolahan secara biologi

Proses pengolahan air limbah secara biologi dilakukan dengan memanfaatkan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan atau merombak senyawa organik dalam air menjadi zat-zat yang lebih sederhana. Perlakuan mikroorganisme terhadap air limbah tersebut sebenarnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, dimana air limbah itu harus bermanfaat bagi mikroorganisme sebagai sumber nutrisi yang digunakan sebagai energi bahan-bahan pembangun selnya.

Filtrasi

Filtrasi adalah proses pemisahan campuran solida likuida melalui media porous yang mana solida tersuspensi tertahan pada atau didalam media dan likuida atau cairannya terlewatkan (Degremont,1991).

Berdasarkan dari karakter partikel dan bahan filter yang dipilih maka mekanisme filter yang penting adalah sebagai :

1. Penahan partikel

Menurut Tchobanoglous (1991), mekanisme yang paling prinsip dari filtrasi adalah straining atau perembesan yang terbagi atas:

- Mekanisme.* Partikel pencemar yang lebih besar ukurannya dari pori media filter ditahan secara mekanis.
- Kebetulan.* Partikel yang lebih kecil ukuran dari pori media filter tertangkap didalam kontak secara kebetulan.

2. Sedimentasi

Menurut Tchobanologlous (1991), partikel pencemar akan mengendap pada dan di dalam media filter.

3. Aktifitas kimia

Menurut Huisman (1974), aktifitas kimia dalam hal ini merupakan proses dimana zat kimia tertentu dapat melarut karena teroksidasi bahkan terurai menjadi bahan yang lebih sederhana dan kurang berbahaya bagi kesehatan, atau dapat juga menjadi senyawa yang tidak larut pada saat penyaringan dan pengendapan.

4. Aktifitas biologi

Aktifitas biologi adalah suatu kegiatan bakteri yang hidup dalam lapisan filter. Bakteri ini berasal dari air yang mengalir melalui media filter dan melekat pada medium-medium filter, karena ada proses straining, pengendapan dan adsorbsi.

5. Adhesi

Partikel pencemar melekat pada permukaan media filter sejalan dengan aliran likuid. Karena gaya yang timbul oleh aliran likuid tersebut maka beberapa partikel pencemar ditahan yang akhirnya melekat kuat dan secara gravitasi tertahan di dalam filter. Selanjutnya menghasilkan akumulasi atau bertambahnya konsentrasi molekul-molekul partikel pencemar pada dan di dalam media filter.

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Hasil Filtrasi

1. Ketebalan lapisan media filter (Anonim, 1986)

Semakin tebal lapisan media filter, maka luas permukaan penahanan partikel-partikel semakin besar dan jarak yang ditempuh oleh air semakin panjang. Hal seperti ini akan lama kesempatan media filter untuk menyaring. Untuk mendapatkan air bersih diperlukan ketebalan lapisan media filter minimal 70 cm.

2. Umur Saringan

Semakin lama umur pemakian filter, makin menurun efektifitas filtrasi, karena partikel-partikel yang tertahan makin banyak, sehingga menyebabkan celah atau pori-pori media semakin sempit. Kemudian pada suatu saat akan mencapai batas maksimum dan akan mengalami penyumbatan/*clogging*.

3. Suhu air

- Pengaruh suhu terhadap kekentalan air.* Menurut Huisman (1974), jika suhu air semakin tinggi, maka kekentalan air akan semakin rendah sehingga gaya gesek air akan lebih cepat melalui celah tersebut dan ini akan semakin mempercepat waktu filtrasi.
- Pengaruh suhu terhadap aktifitas biologi.* Suhu air dapat mempengaruhi kecepatan metabolisme bakteri dalam air. Pada suhu optimum untuk perkembangbiakan bakteri, proses filtrasi akan bertambah dengan cepat.
- Pengaruh suhu terhadap reaksi kimia.* Bila suhu semakin tinggi, maka reaksi kimia akan semakin cepat dan sebaliknya bila suhu semakin rendah maka reaksi kimia akan semakin lambat.

4. Kecapatan filtrasi (Anonim, 1986)

Kecapatan aliran akan mempengaruhi proses penahan mekanis terhadap bahan-bahan tersuspensi. Bila kecepatan filtrasi meningkat maka efektifitas filtrasi akan menurun. Untuk mendapatkan hasil filtrasi yang lebih baik diperlukan kecepatan $0,1 - 9,2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$.

5. Kualitas air yang akan di filter

Semakin rendah kualitas air yang akan difiltrasi, maka semakin memerlukan pengolahan yang lebih sempurna dan kompleks.

Wadah atau Media Filter

Wadah atau media filter merupakan komponen yang sangat penting yang harus diperhatikan dalam merencanakan sebuah unit filtrasi. Bahan penyaringan yang digunakan adalah bahan yang relatif murah dan mudah di dapat, misalnya ijuk dan arang aktif.

Arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan dan uap. Arang aktif dapat dibuat dan mengandung karbon organik atau anorganik. Bahan yang banyak dijumpai di pasar berasal dari tempurung kelapa, kayu, dan batu bara.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan pada industri keluarga Napak H. Uca di Desa Tanah Sewa, Kecamatan Bogor Utara, Kotamadya Bogor. Analisis Laboratorium dilakukan di Laboratorium PT. Binaraguna Mediktama (RS. Pondok Indah), Jl. Metro Duta Kav. UE Kawasan Pondok Indah, Jakarta Selatan. Penelitian ini bersifat eksperimen dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh ketebalan ijuk dan arang aktif sebagai media filtrasi terhadap perubahan kualitas limbah dari industri tapioka yang mengandung zat padat terlarut (TDS).

Teknik Sampling

1. Lokasi
Sampel air limbah tapioka diambil dari pabrik tapioka milik keluarga Bapak H. Uca di wilayah Desa Tanah Sewa, Kecamatan Bogor Utara Kotamadya Bogor. Sampel diambil dari bak pengendapan tapioka yang sudah siap angkat.
2. Waktu
Waktu untuk pengambilan sampel diambil antara pukul 14.00 – 16.00 atau 3-5 jam setelah penyaringan dilakukan.
3. Cara
Sampel diambil satu kali secara grab (sampling sesaat) yaitu pengambilan sampel pada satu atau dua bak tergantung yang siap angkat.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian dapat dogolongkan menjadi 2 :

1. Variabel Pengaruh
Variabel pengaruh dalam penelitian ini yang digunakan sebagai perlakuan adalah berat ijuk dan arang aktif yang digunakan sebagai media penyaring dengan 3 taraf berat ijuk 10 g, 20 g, 30 g dan 2 taraf arang aktif yaitu 0 dan 40 g, jadi semuanya menjadi 6 perlakuan yaitu perlakuan A= 10 g ijuk, B= 20 g ijuk, C= 30 g ijuk, D= 10 g ijuk + 40 g arang aktif, E= 20 g ijuk + 40 g arang aktif dan F= 30 g ijuk + 40 g arang aktif, percobaan dilakukan dengan 3 ulangan.
2. Variabel Terpengaruh
Variabel terpengaruh adalah konsentrasi zat padat terlarut (TDS) sebelum dan sesudah perlakuan.

Tahap Penelitian

Tahap penelitian terdiri dari : tahap persiapan, pelaksanaan, pengolahan dan analisa data.

- Tahap Persiapan

1. Materi yang dibutuhkan :
 - 1) 2 buah ember plastik kapasitas 30 l, sebagai wadah sampel sebelum disaring.
 - 2) 18 buah ember plastik kapasitas 5 l, yang dibuat sebagai alat saringan sesuai dengan perlakuan. Tiap ember dilengkapi dengan kran untuk outlet.
 - 3) Gelas ukur 1 l.
 - 4) Ijuk sebanyak 1,2 kg, yang digunakan sebagai materi alat saring sesuai perlakuan.
 - 5) Arang aktif sebanyak 1,2 kg, yang digunakan untuk keperluan alat saring sesuai perlakuan.

- 6) Stopwatch 1 buah.
- 7) Air limbah tapioka yang diambil dari industri tapioka milik H. Uca di Desa Tanah Sewa, Bogor.
- **Pelaksanaan**
Penelitian dilakukan melalui proses pelaksanaan berikut :

 1. Ambil air limbah tapioka sebanyak 60 l dari bak penampung (sampel awal).
 2. Lalu masukkan ke dalam bak pengendap dan pastikan kran dalam keadaan tertutup.
 3. Ambil air limbah sebanyak 1 liter dari bak pengendap untuk sampel awal (tanpa perlakuan).
 4. Alirkan air limbah dari bak penampung pertama (S1) ke dalam filter yang mempunyai berat ijuk 10, 20, 30 gram dan alirkan air limbah dari bak penampung kedua (S2) ke dalam filter yang mempunyai berat ijuk 10 gram dan 40 gram arang aktif; berat ijuk 20 gram dan arang aktif 40 gram; berat ijuk 30 gram dan arang aktif 40 gram.
 5. Biarkan filter tersebut terisi air limbah sampai semua lapisan ijuk dan ijuk ditambahkan arang aktif terendam.
 6. Alirkan air limbah dari filter dan ambil sampel air hasil dari masing-masing filter sebanyak 18 sampel dengan jerigen 1 liter.
 7. Tutup rapat hasil sampel dan dimasukkan kotak untuk diperiksa di laboratorium.
 8. Setelah selesai pengambilan sampel lalu di kirim ke laboratorium untuk dilakukan periksa parameter zat padat terlarut (TDS).

Adanya perbedaan berat media saring pada setiap filter adalah untuk melihat seberapa besar perbedaan penurunan kadar zat padat terlarut (TDS) pada air limbah tapioka.

Data yang dikumpulkan

Data yang diperoleh dari hasil analisa kandungan TDS dari tiap perlakuan diolah dengan di uji menurut uji Duncan untuk mengetahui perlakuan mana yang dapat menghasilkan kadar TDS terendah.

Analisis Data

Uji Analisis Varian (Anava)

Tabel 4. Daftar Analisa Varian

Ulangan	Perlakuan					
	A	B	C	D	E	F
1	Y _{A1}	Y _{B1}	Y _{C1}	Y _{D1}	Y _{E1}	Y _{F1}
2	Y _{A2}	Y _{B2}	Y _{C2}	Y _{D2}	Y _{E2}	Y _{F2}
3	Y _{A3}	Y _{B3}	Y _{C3}	Y _{D3}	Y _{E3}	Y _{F3}
Jumlah	J _A	J _B	J _C	J _D	J _E	J _F
Rata-rata	Y _A	Y _B	Y _C	Y _D	Y _E	Y _F

Selanjutnya dilakukan teknis analisis statistik sebagai berikut:

1) Faktor Koreksi (FK) :

$$FK = \frac{\gamma^2}{(Total)^2} = \frac{rt}{total \ banyaknya \ pengamatan} \dots \dots \dots \quad (1)$$

2) Jumlah Kuadrat Total (JKT) :

3) Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$Y_1^2 + Y_2^2 + \dots + Y_t^2 = F_K \quad \dots \quad (3)$$

4) Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

5) Derajat Bebas Perlakuan (db perlakuan)

$$\text{db perlakuan} = t - 1 \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

6) Derajat Bebas Galat (db Galat)

$$db_{Galat} = t(r-1) \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

7) Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{\dots}{r-1} \quad (7)$$

8) Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP) JKP

$$KTP = \frac{t(r-1)}{.....} \quad (8)$$

9) Statistik Pengujian F_{hitung} sebagai berikut :

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{\text{kuadrat tengah perlakuan}}{\text{kuadrat tengah galat}} \dots\dots (9)$$

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh, maka disusun sebuah daftar analisa varian sebagai berikut :

Tabel 5. Daftar Harga-harga yang diperlukan untuk Analisis Varian

Sumber Keragaman	Derajat Kebebasan (DK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F_{hitung}	F. Tabel	
					0.05	0.01
Perlakuan	$t - 1$	JKP	KTP	<u>KTP</u>		
Galat	$t(r - 1)$	JKG	KTG	KTG		
Total	$r.t - 1$	JKT				

Kaedah keputusan :

Bila F_{hitung} lebih besar ($>$) daripada F_{tabel} berarti ada perbedaan yang nyata, maka hipotesis awal diterima. Dan bila F_{hitung} lebih kecil ($<$) daripada F_{tabel} berarti tidak ada perbedaan yang nyata, maka hipotesis awal ditolak.

Uji Jarak Duncan

Untuk mengetahui peningkatan efek terbaik air limbah tapioka yaitu menurunnya kadar zat padat terlarut (TDS) pada alat filtrasi dengan media ijuk dan ijuk ditambah arang aktif yang diperoleh pada akhir proses, maka digunakan rumus Uji Jarak Duncan (*Duncan Multiple Range Test*), dengan langkah-langkah sebagai berikut :

a. Cari nilai $S_x = \sqrt{\frac{KTG}{r}}$

b. Car LSR $\alpha = \text{SSR} \alpha \times S_x$

c. Susunan nilai rata-rata dari yang kecil sampai yang terbesar.

d. Cari selisih masing-masing perlakuan yang akan dibandingkan dengan LSR, bila selisih tersebut : $d < \text{LSR} \alpha$, tidak berbeda nyata

d $> \text{LSR} \alpha$, berbeda nyata

Keterangan :

Sx = Standar deviasi
KTG = Jumlah kuadrat galat
r = Replikasi
LSR = Nilai uji berjarak Duncan
SSR = Tabel nilai uji berganda Duncan
d = Selisih masing-masing perlakuan (Sudjana, 1988)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil pemeriksaan air limbah tapioka sebelum penyaringan yaitu 2088 mg/l. Apabila dibandingkan dengan baku mutu lingkungan untuk limbah cair khusus parameter zat padat terlarut (TDS) untuk wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta tidak memenuhi baku mutu yaitu 1000 mg/l yang diperuntukan bagi Industri/Perusahaan/Badan.

Bawa kadar zat padat terlarut (TDS) yang dihasilkan air limbah tapioka masih melebihi baku mutu yang ditentukan, sehingga perlu dilakukan perbaikan kualitas air buangan agar dapat memenuhi baku mutu limbah cair untuk Industri/Perusahaan/Badan.

Tabel 6. Pengaruh Perlakuan Terhadap Konsentrasi TDS

Perlakuan	Ulangan	Konsentrasi TDS (mg/l)	Rata-rata (mg/l)
Kontrol	-	2088	-
Berat Ijuk (10 g)	1	1968	1969,3
	2	1971	
	3	1969	
Berat Ijuk (20 g)	1	1842	1845,0
	2	1848	
	3	1845	
Berat Ijuk (30 g)	1	1690	1690,0
	2	1693	

	3	1687	
Berat Ijuk + Arang Aktif (10 g + 40 g)	1	1720	1720,3
	2	1719	
	3	1722	
Berat Ijuk + Arang Aktif (20 g + 40 g)	1	1364	1362,0
	2	1359	
	3	1363	
Berat Ijuk + Arang Aktif (20 g + 40 g)	1	982	987,3
	2	991	
	3	989	

Hasil Analisis Data

Analisis Varian

Data hasil penelitian yang ditampilkan pada penyajian Tabel 9, maka dapat dianalisa pengaruh yang ditimbulkan oleh berat ijuk yang bervariasi dan arang aktif dengan menggunakan alat filtrasi, terhadap penurunan kadar zat padat terlarut (TDS) pada air limbah tapioka dapat dilihat pada Tabel6.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Zat Padat Terlarut (TDS) Air Limbah Tapioka

Ulangan	Perlakuan					
	10 g	20 g	30 g	10 g+40 g	20 g+40 g	30 g+40 g
1	1968	1842	1690	1720	1364	982
2	1971	1848	1693	1719	1359	991
3	1969	1845	1687	1722	1363	989
Jumlah	557,9	532,3	477,9	451,2	450,5	2962
Rata-rata	1969,3	1845,0	1690,0	1720,3	1362,0	987,3

Pada Tabel 6 terlihat penambahan berat ijuk menyebabkan penurunan zat padat terlarut (TDS). Melalui uji statistik ternyata bahwa semakin besar taraf ijuk semakin besar pula penurunan kadar TDS ($P<0,01$). Demikian juga dengan penambahan arang aktif untuk ke 3 (tiga) perlakukan ijuk menunjukkan penurunan kadar TDS yang sangat signifikan dibandingkan dengan hanya ijuk saja.

Tabel 7. Uji Analisis Varian Terhadap Penurunan Kadar TDS Limbah Tapioka

Sumber Keragaman	Derajat Kebebasan (DK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F. Hitung	F. Tabel	
					0.05	0.01
Perlakuan	5	1952712	1952712	44889,9**	3,11	5,06
Galat	12	104	8,6667			
Total	17	1952816				

Ket. : ** P<0,01 * P<0,05

Uji Jarak Duncan

Dengan uji jarak Duncan dapat diketahui pengaruh berat ijuk dan arang aktif terhadap penurunan kadar TDS air limbah tapioka, melalui cara :

$$a. S_x = \sqrt{\frac{8,7}{3}} = 2,9$$

$$b. LSR = SSR \times S_x \text{ (Tabel 11)}$$

Tabel 8. Uji Jarak Duncan terhadap Penurunan Kadar TDS Limbah Tapioka

Perbedaan Penurunan	SSR x S _x		LSR	
	0,05	0,01	0,05	0,01
2	3,08 x 2,9	4,32 x 2,9	8,932	12,528
3	3,23 x 2,9	4,55 x 2,9	9,367	13,195
4	3,33 x 2,9	4,68 x 2,9	9,657	13,572
5	3,36 x 2,9	4,76 x 2,9	9,744	13,804
6	3,40 x 2,9	4,88 x 2,9	9,860	14,152

Melalui uji jarak Duncan dapat diketahui bahwa perbedaan konsentrasi TDS antar perlakuan sangat nyata berbeda. Perlakuan 30 g ijuk + 40 g arang aktif menunjukkan pengaruh yang relatif besar untuk menurunkan konsentrasi TDS (P<0,01).

Tabel 9. Beda Riel antar Perlakuan Media Filter (Ijuk & Ijuk+Arang Aktif) terhadap Kadar TDS Limbah Tapioka

Perlakuan	Rata-rata Penurunan TDS	Beda Riel pada Penurunan				
		2	3	4	5	6
30 g+40 g	987,3	-	-	-	-	-
20 g+40 g	1362,0	374,7 **	-	-	-	-
10 g+40 g	1720,3	733,0 **	358,3 **	-	-	-
30 g	1690,0	702,7 **	328,0 **	30,3 **	-	-
20 g	1845,0	857,7 **	483,0 **	124,7 **	94,4 **	-
10g	1963,3	982,0 **	607,3 **	249,0 **	218,7 **	124,3 **
	SSR 0,05	3,08	3,08	3,33	3,23	3,33
	0,01	4,32	4,32	4,68	4,55	4,68
	LSR 0,05	8,932	9,367	9,657	9,744	9,860
	0,01	12,528	13,195	13,572	13,804	14,152

Ket. : ** $P<0,01$

Proses penurunan zat kadar padat terlarut (TDS) limbah tapioka dengan menggunakan alat filtrasi arang aktif dan ijuk untuk berbagai taraf, memberikan hasil yang berbeda sangat nyata (signifikan). Maka hipotesis yang menyatakan : "Berat ijuk dan arang aktif sebagai wadah atau media filter akan berpengaruh dalam menunjukkan konsentrasi TDS limbah tapioka", telah terbukti dari hasil penelitian ini.

Pembahasan

Kadar TDS air limbah tapioka mengalami penurunan pada semua perlakuan, ini terlihat pada Tabel 9. Untuk perlakuan dengan berat ijuk 30 g dan arang aktif 40 g memiliki beda sebesar 374,7 mg/l terhadap perlakuan berat ijuk 20 g dan arang aktif 40 g, berarti hasil menunjukkan sangat berbeda sangat nyata, begitu juga terhadap yang lainnya terdapat beda yang sangat berbeda nyata ($P<0,01$). Perbedaan antar perlakuan menunjukkan beda sangat nyata, tetapi yang paling besar adalah antara perlakuan berat ijuk 30 g dan arang aktif 40 g dengan perlakuan berat ijuk 10 g yaitu sebesar 982,0 mg/l.

Hasil tersebut diatas dikarenakan media filter yang digunakan yaitu ijuk dan arang aktif berbeda dari sisi daya serap. Adsorpsi ijuk lebih kecil dari daya serap arang aktif. Arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya serap. Adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Arang aktif dapat dibuat dan mengandung karbon organik atau anorganik, (LIPPI, 1999).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semua perlakuan arang dan ijuk berpengaruh sangat nyata ($P<0,01$) dalam menurunkan kadar TDS air limbah tapioka.
2. Antar perlakuan menunjukkan pengaruh yang sangat berbeda nyata terhadap penurunan kadar TDS ($P <0,01$).
3. Perlakuan dengan menggunakan media ijik 30 g dan arang aktif 40 g menunjukkan filter yang terbaik diatas semua perlakuan karena dapat menurunkan kadar TDS hingga dibawah baku mutu yang ditetapkan oleh Keputusan Gubernur KDKI Jakarta No. 582 tahun 1995.
4. Konsentrasi TDS awal 2088 mg/l dan setelah penyaringan dilakukan terjadi penurunan hingga 987,3 mg/l.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1986 " *Buku Petunjuk Pembuatan Air Bersih Sederhana, Saringan Pasir Lambat Pompa Hidran* ", DEPKES, DIRJEN PPM & PLP, Jakarta.

Anonim, 1996 " *Buku Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tapioka di Indonesia* ", BAPPEDAL, Jakarta.

Anonim, 1999 " *Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa* ", Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPPI, Jakarta.

Benefield dan Randall, 1980 " *Biological Proces Design For Waste Water Treatment* ", Virginia Polytechnic Institute and State University, New York.

Ciptadi, W.M.S.; L. Herlina; Basuki; M. Rusmono; Suseno; A. Yulistia; E. Hermiati, 1983 " *Telaah Kualitas dan Kuantitas Limbah Industri Tapioka di Bogor dan Sekitarnya serta Pembuatan Suatu Model Cara Pengendaliannya* ", Jur. TI Fak. Teknologi Pertanian, IPB Bogor.

Djajaningrat, A.H, 1992 " *Pengendalian Pencemaran Limbah Industri* ", Jurusan Teknik Lingkungan ITB, Bandung.

Degremont, 1991 " *Water Treatment Handbook* ", Lauoiser Publishing Inc, USA.

Hening, D. 1989 " *Kualitas Air dalam Teknik Penyehatan* ", "Unit Peminatan Teknik Penyehatan dan Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ISTN, Jakarta.

Huisman, L. 1974 " *Rapid Filtration* ", Part 1, Delft University of Technology Dept. of Civil Engineering, Div. of Sanitary Engineering, Delft, Nederland.

Kusoputranto, H, 1983 " *Kesehatan Lingkungan* ", DEPDIKBUD, UI, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Jakarta.

Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 1999, Jakarta.

Sugiharto, 1987 " *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah* ", Universitas Indonesia , UI Press, Jakarta.

Sudjana, 1988 " *Desain & Analisis Eksperiment* ", Tarsito, Bandung.

Soeriaatmadja, R.E, 1984 " *Asas-asas Pengelolaan Limbah Tapioka*, "Makalah pada Lokakarya Pemanfaatan Limbah Industri Tapioka, PUSDI-PSL, IPB, Bogor.

Sundhagul, M, 1972 " *Feasibility Study on Tapioka Waste Recovery The Work Study on Waste Recovery by Microorganisme*, Kuala Lumpur.

Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. Kep-03/MENKLH/II/1991.
Surat Keputusan Gubernur KDKI Jakarta No. 582 Tahun 1995.

Tjokrokusumo, 1998 " *Pengantar Engineering Lingkungan* ", STTL "YLH" Yogyakarta.

Tchobanologlous, 1991 " *Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse* ", University of California, California.

Warmo, 1995 " *Standar Metode Analisa Air dan Air Limbah* ", BTKL, Jakarta.