

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Cair Pabrik Slondok

Singkong merupakan salah satu komoditi pertanian di daerah Magelang dan sekitarnya. Untuk memperoleh nilai tambah pada singkong antara lain dapat diolah menjadi makanan ringan seperti slondok. Serangkaian proses pengolahan singkong menjadi slondok yaitu pamarutan, pemerasan, dan penggilingan dilanjutkan pengukusan, pemberian rasa, dan pencetakan serta pengeringan. Produk akhir diperoleh setelah pengeringan. Industri slondok menghasilkan buangan cair pada proses pemerasan karena yang digunakan sebagai bahan baku slondok adalah padatnya (Nisyamhuri, 1994). Limbah cair slondok berbeda dengan limbah cair pabrik tepung tapioka karena proses produksi slondok dan tepung tapioka juga berbeda. Dalam hal ini limbah cair slondok lebih banyak mengandung pati daripada limbah cair pabrik tepung tapioka

Air buangan slondok biasanya langsung dibuang ke sungai melalui saluran-saluran. Kalau alirannya cukup deras, lancar dan pengenceran cukup maka tidak begitu cepat menimbulkan masalah. Tetapi kalau alirannya kecil dan tidak lancar maka akan terjadi proses penumpukan dan pembusukan bahan-bahan organik yang terkandung didalamnya. Kalau daya pulih alami dari air tidak cukup untuk menetralsir, maka akan terjadi penurunan kualitas air.

Mula-mula akan terjadi peruraian bahan-bahan organik tersebut oleh bakteri dan mikroba yang biasa hidup dengan adanya oksigen. Setelah oksigen di

dalam perairan tersebut habis maka bakteri yang aktif adalah bakteri anaerob, yaitu bakteri yang bisa hidup tanpa adanya oksigen. Di dalam proses peruraian ini senyawa organik akan dipecah menjadi senyawa lain yang lebih sederhana, misalnya asam sulfida dan fosfat yang menyebabkan bau busuk. Proses peruraian terjadi dalam jangka waktu tertentu.

Pada kondisi tanpa ada oksigen serta perubahan pH akan merusak keseimbangan akuatik di dalam perairan sehingga produktifitas akan menurun atau bahkan memusnahkan sama sekali biota perairan. Selain itu karena bau busuk, warna dan kandungan zat yang terdapat di dalam air sebagian beracun maka akan sangat berbahaya bagi masyarakat sekitarnya (Nisyamhuri, 1994).

Parameter penting yang menentukan kualitas air buangan industri slondok adalah :

- Kekeruhan

Kekeruhan pada limbah slondok ini disebabkan zat organik (antara lain sisa pati) yang terurai dan jasad renik serta zat lain yang tidak dapat mengendap segera. Kekeruhan adalah sifat yang paling mudah untuk dilihat untuk menilai kualitas air buangan tersebut.

- Warna

Umur limbah cair dapat ditandai secara kualitatif dari warna. Air sungai yang banyak mengandung lumpur berwarna kuning kecoklatan. Air limbah yang dibuang biasanya berwarna. Untuk limbah cair

slondok yang masih baru, warnanya putih kekuningan sedangkan air limbah yang baunya sudah busuk berwarna abu-abu gelap.

- Bau

Limbah cair industri diperkirakan mengandung senyawa-senyawa gas yang memang menghasilkan bau yang sangat tergantung komponen gas hasil bau tersebut disamping juga sensitifitas seseorang. Air buangan slondok yang masih baru berbau khas ketela. Bau tersebut akan berubah menjadi asam setelah 1-2 hari. Selanjutnya air tersebut menjadi busuk dan mengeluarkan bau yang tidak sedap.

- Padatan tersuspensi

Padatan tersuspensi mempengaruhi kekeruhan dan warna air.

- pH

Perubahan pH pada air buangan slondok menandakan bahwa sudah terjadi aktifitas jasad renik mengubah bahan-bahan organik yang mudah terurai menjadi asam. Air buangan yang masih segar mengandung pH 6-6,5 akan turun sekitar 4.

- COD

Nilai COD lebih menggambarkan zat organik yang tak terpecah mikroorganisme dan sekaligus juga zat organik yang terdegradasi oleh mikroorganisme.

- BOD

BOD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri-bakteri aerobik untuk menetralsisir bahan-bahan organik dalam air melalui

proses oksidasi biologis. Semakin tinggi BOD di dalam air buangan industri, semakin tinggi pula tingkat pencemaran air buangan industri tersebut (Nisyamhuri, 1994).

2.2. Limbah Cair Tapioka

Limbah cair atau dengan nama lain air buangan adalah hasil samping dari suatu rangkaian produksi atau suatu mekanisme kerja tertentu yang sudah tidak dapat lagi dipergunakan untuk menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi industri tersebut. Proses produksi pembuatan slondok membutuhkan air yang cukup banyak, sehingga limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik tapioka cukup besar yaitu 40 – 60 m³ per ton tapioka yang diproduksi. Limbah cair ini banyak mengandung bahan organik yang cukup tinggi sehingga cepat terjadi pembusukan dan menimbulkan bau yang tidak enak (Aida, S., 2000)

Faktor – faktor yang berpengaruh terhadap kualitas limbah cair pada industri tapioka antara lain :

1. Varietas bahan baku yang digunakan
2. Proses produksi
3. Adanya pemakaian bahan kimia tambahan
4. Pengendapan yang kurang sempurna

2.3. Proses Koagulasi

Partikel-partikel dalam limbah cair merupakan partikel-partikel tersuspensi dengan diameter pengotor yang bervariasi antara beberapa mikron angstrom

sampai beberapa angstrom. Sebagian besar dari pengotor ini dapat dihilangkan dengan pengendapan. Partikel-partikel yang berdiameter sangat kecil memerlukan waktu lama untuk mengendap karena partikel-partikel ini harus lebih dahulu menggumpal menjadi partikel yang lebih besar agar mudah mengendap (Rochmawati,1996). Koagulasi digunakan untuk memisahkan senyawa-senyawa dalam bentuk tersuspensi yaitu dalam fasa koloid. Koloid adalah partikel yang berukuran $0,1 \text{ nm} - 1 \text{ }\mu\text{m}$ dimana partikel tersebut tidak dapat dipisahkan hanya dengan pengendapan dan penyaringan biasa (Cahyana, P.E., 2002).

Koloid memiliki sifat listrik, ada gaya tolak-menolak antar partikel sehingga penggumpalan serta pengendapan tidak dapat terjadi, adanya muatan pada koloid menyebabkan partikel-partikel koloid dapat diikat oleh koagulan dengan muatan yang berlawanan. Muatan berlawanan dialirkan ke dalam medium dispersi dalam jumlah yang berlebihan. Proses tersebut dinamakan koagulasi dimana proses koagulasi merupakan proses yang terjadi karena penambahan senyawa kimia (koagulan) ke dalam dispersi koloid. Penambahan koagulan akan mengganggu kestabilan koloid dalam limbah cair. Kestabilan koloid terganggu karena koagulan menempel pada permukaan partikel koloid dan menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid. Dalam kondisi tersebut koloid akan membentuk gumpalan-gumpalan yang dapat menurun. Pengendapan akan semakin cepat dengan penambahan senyawa tertentu, proses ini disebut flokulasi. Gumpalan yang terbentuk saat proses koagulasi yang berukuran kecil akan bergabung membentuk flok-flok yang berukuran besar sehingga dapat

mempercepat proses pengendapan. Proses flokulasi bersifat mempercepat pengendapan dari partikel koloid tersebut (Duncan, S., 1980).

2.4. Faktor yang mempengaruhi koagulasi

Beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan pengendapan partikel koloid yang terdapat dalam limbah yaitu :

1. Konsentrasi koagulan

Kemampuan koagulasi suatu koagulan tergantung pada bagaimana koagulan tersebut menetralkan muatan negatif dari partikel koloid. Dengan konsentrasi yang cukup besar maka banyaknya partikel yang ternetralkan akan meningkat pula. Namun demikian tidak selalu bertambahnya konsentrasi koagulan akan sebanding dengan bertambahnya partikel yang terkoagulasi. Hal tersebut diakibatkan oleh adanya kespesifikan koagulan dengan tipe partikel koloid dalam suatu sistem.

2. pH lingkungan

Koagulan akan bermuatan positif pada pH rendah sehingga upaya untuk menetralsasi partikel menjadi semakin besar. Hal ini berlawanan dengan proses flokulasi yang membutuhkan pH tinggi karena flokulan bekerja dengan baik pada pH tinggi, sehingga diperlukan zat pengatur pH.

3. Efek pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk meningkatkan frekuensi singgungan antara partikel koloid dengan koagulan sehingga didapatkan hasil optimal penetralan

muatan negatif dari partikel tersebut. Kombinasi kekuatan pengadukan, keteraturan pengadukan dengan lama pengadukan akan didapatkan hasil optimal.

4. Urutan penambahan bahan pengolah

Urutan penambahan pereaksi bertujuan agar daya netralisasi koagulan yang ditambahkan dapat diberdayakan secara baik. Urutan penambahan adalah sebagai berikut : koagulan, pengatur pH kemudian flokulan (Cahyana, P. E.,2002)

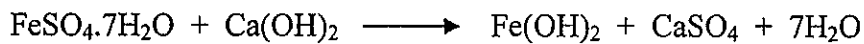
2.5. Jenis dan Sifat Koagulan

Koagulan adalah bahan kimia yang digunakan untuk proses pengendapan partikel-partikel koloid yang terdapat dalam air buangan. Koagulan yang biasa digunakan untuk pengolahan limbah cair adalah aluminium sulfat (alum), ferro sulfat, ferri klorida dan Poly aluminium Klorida (PAC)

2.5.1. Ferro sulfat / Cooperas

Ferro sulfat sering juga disebut dengan cooperas. Dalam banyak kasus, ferro sulfat tidak dapat digunakan sendiri sebagai pengendap karenanya kapur harus ditambahkan pada saat yang sama untuk membentuk endapan. Kombinasi ferro sulfat dengan kapur merupakan koagulan yang efektif untuk penjernihan air buangan yang keruh. Ferro sulfat dengan rumus kimia $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ berupa kristal berwarna putih kehijauan dan dapat diperoleh dari berbagai proses kimia seperti penyepuhan logam dan proses galvanisasi. Ferro sulfat juga dapat ditemukan dalam bentuk cair.

Reaksi antara kapur dengan ferro sulfat adalah sebagai berikut :



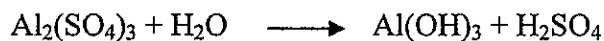
Ferro hidroksida kemudian dioksidasi menjadi ferri hidroksida, bentuk akhir yang diinginkan, dengan oksigen yang terlarut dalam limbah cair (Metcalf, Eddy, 1979).

2.5.2. Aluminium sulfat (alum)

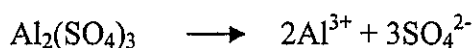
Alum dikenal sebagai koagulan yang ekonomis dan mudah didapat di pasaran serta mudah disimpan. Dosis koagulan alum mempengaruhi pH optimal proses koagulasi-flokulasi dan proses pembentukan flok dari berbagai tingkat kekeruhan alami. Daerah pH dimana koagulan ini bekerja dengan baik adalah 6,8 – 7,5.

Aluminium dalam air akan mengalami proses hidrolisa yaitu sejenis dekomposisi kembali dimana suatu pereaksinya adalah air dan proses disosiasi yaitu proses pemisahan kation dan anion.

a. Hidrolisa



b. Disosiasi



Dalam hal ini kation Al^{3+} akan berusaha menetralkan anion koloid sedangkan $\text{Al}(\text{OH})_3$ merupakan butir-butir flok (inti flok) yang mengendap (Rochmawati, I., 1996).

2.5.3. Poli Aluminium Klorida (PAC)

Poli aluminium klorida (PAC) adalah polimer garam kompleks bermuatan positif yang tinggi yaitu +3 sampai +6. PAC dengan rumus molekul $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ merupakan garam khusus klorida dari aluminium yang memiliki daya ikat untuk membentuk flok-flok yang kuat. PAC memiliki kebasaaan yang lebih tinggi daripada alum. Di dalam larutan berair, kation Al^{3+} pada monomer PAC membentuk ikatan dengan enam molekul air dengan konfigurasi oktahedral. (Hubbe, 1993).

2.5.4. Ferri klorida

Ferri klorida dapat digunakan sebagai koagulan pada pengolahan limbah cair karena kemampuannya membentuk flok-flok yang kuat sehingga dapat mempercepat proses pengendapan. Reaksi antara ferri klorida dengan kapur (Metcalf dan Eddy, 1979) adalah sebagai berikut :

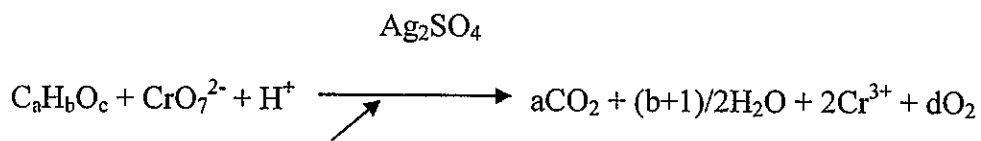


Pemakaian ferri klorida sebagai koagulan tidak seluas pada aluminium sulfat karena aluminium sulfat (alum) lebih dikenal sebagai koagulan daripada ferri klorida.

2.6. Kebutuhan Oksigen Kimia (COD).

Kebutuhan oksigen kimia atau COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan senyawa organik secara kimiawi.

Reaksi sebagai berikut :



Senyawa organik

Larutan dikromat ($K_2Cr_2O_7$) digunakan untuk mengoksidasi bahan organik pada suhu tinggi, suasana asam. Campuran direfluks selama 2 jam, perak sulfat ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Merkuri sulfat berfungsi untuk menghilangkan gangguan klorida pada sampel. Untuk menentukan nilai COD maka sisa $K_2Cr_2O_7$ dititrasi dengan Ferro ammonium sulfat (FAS).



Indikator Feroin digunakan untuk menentukan titik akhir titrasi yaitu pada saat warna hijau biru larutan berubah ke merah coklat (Alaerts, G.,1984).

$$COD \text{ (mg/L)} = (a-b) \times N_{FAS} \times 8000 \times f/\text{mL sample}$$

a = volume FAS untuk menitrasi blanko

b = volume FAS untuk menitrasi sample

f = faktor pengenceran

N_{FAS} = normalitas FAS

Analisis COD dan BOD dari suatu limbah akan menghasilkan nilai-nilai yang berbeda karena kedua uji mengukur bahan yang berbeda. Nilai-nilai COD selalu lebih tinggi dari nilai BOD. Perbedaan diantara kedua nilai disebabkan oleh banyak faktor seperti bahan kimia yang tahan terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak terhadap oksidasi kimia (Sugiharto, 1987)

2.7. Turbidimetri

Kekeruhan adalah ekspresi dari sifat optik air akibat dispersi cahaya dan dapat dinyatakan sebagai perbandingan cahaya yang dipantulkan terhadap cahaya yang tiba. Intensitas cahaya yang dipantulkan oleh suatu suspensi adalah fungsi konsentrasi jika kondisi-kondisi lainnya konstan. Turbidimetri meliputi pengukuran cahaya yang diteruskan.

Kekeruhan berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan. Kekeruhan akan menghambat penembusan sinar matahari ke dalam perairan. Prinsip spektroskopi absorpsi dapat digunakan pada turbidimeter. Untuk turbidimeter, absorpsi akibat partikel yang tersuspensilah yang diukur. (Khopkar, 1984).

$$S = \log \frac{P_0}{P} = (k b c d^3) / (\delta^4 \alpha \lambda^4)$$

S : kekeruhan

k : tetapan

P₀ : intensitas cahaya yang datang

b : ketebalan lapisan sampel

P : intensitas cahaya

c : konsentrasi

yang dilewatkan

d : diameter rata-rata

λ : panjang gelombang

Menurut Khokar (1984), persamaan-persamaan ini berlaku untuk larutan encer. Untuk radiasi monokromatis α , λ , k dan d adalah tetap sehingga persamaan tersebut dapat diringkas menjadi

$$S \sim bc \text{ atau } S = Kbc$$

2.8. Bahan Baku Industri Slondok dan Tapioka

Singkong (*Manihot esculenta Crantz*) mempunyai nilai gizi yang berarti sebagai bahan pangan. Nilai gizi singkong sebagai makanan tunggal memang rendah proteinnya daripada beras. Tapi sebagai makanan pelengkap atau selingan sehari-hari, misalnya diolah jadi makanan ringan berupa slondok dan sebagainya, singkong memiliki potensi sebagai komoditi ekspor (Cahyana, P.E., 2002).

Singkong terdiri atas kulit luar 0,5-2 % dan kulit dalam antara 8-15 % dari bobot sebuah umbi. Mulai dari umbi, batang dan daun umumnya mengandung racun HCN. Pati merupakan bagian dari umbi ubi kayu yang besarnya antara 64-72 %. Singkong dapat dibagi dua berdasarkan umurnya yaitu berumur pendek (genjah) dan berumur panjang. Untuk memperoleh umbi yang melimpah dengan kandungan pati yang tinggi, para petani banyak menanam singkong dari jenis berumur panjang karena lebih banyak mengandung pati (Pinus, 1992).

- Komposisi Kimia dalam Singkong

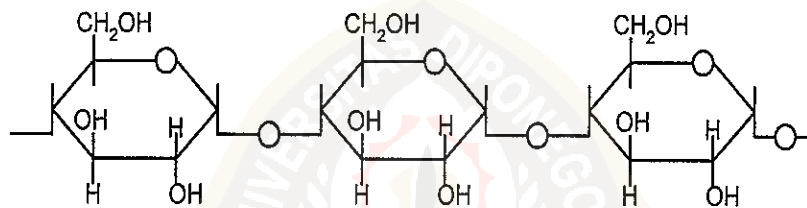
Tabel 2.1. Susunan Zat Makanan Dalam 100 gram Singkong, Gaplek, dan Tepung Tapioka (Pinus, 1992)

Zat makanan	Singkong	Gaplek	Tepung Tapioka
Kalori (Kal)	146	338	363
Protein (gr)	1,2	1,5	1,1
Lemak (gr)	0,3	0,7	0,5
Karbohidrat (gr)	34,7	81,3	88,2
Zat kapur (mg)	33	80	84
Phospor (mg)	40	60	125
Zat besi (mg)	0,7	1,9	1,0
Thiamine (mg)	20	0	0,4
Vit. C (mg)	38	0	0

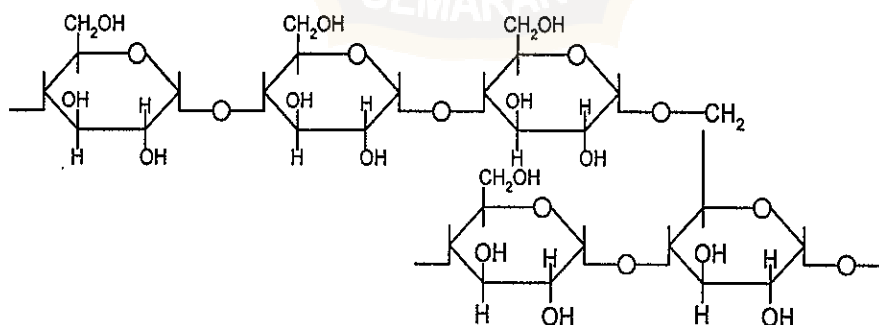
2.9. Pati

Limbah cair slondok dan tapioka banyak mengandung pati. Tapioka hampir seluruhnya terdiri dari pati. Pati merupakan senyawa yang tidak mempunyai rasa dan bau sehingga modifikasi cita rasa pada tapioka mudah dilakukan. Ukuran granula pati tapioka berkisar antara 5-35 mikron. Pati ubikayu terdiri dari molekul amilosa dan amilopektin yang jumlahnya berbeda-beda tergantung jenis patinya, apakah lurus atau bercabang rantai molekulnya dan tergantung dari panjang rantai C-nya.

Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin. Amilosa adalah polimer linier dari α - D - glukosa yang dirangkap pada ikatan 1-4, sedangkan amilopektin mempunyai cabang dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa sebanyak 4-5% dari berat total. Molekul amilosa terdiri dari 250 – 350 unit glukosa sedangkan panjang satuan linier amilopektin hanya 25-30 unit glukosa dan mempunyai bobot molekul 1000 kali lebih besar dibandingkan amilosa. Pati ubikayu mengandung amilosa sekitar 17% (Winarno, 1991).



Gambar 2.9.1. Struktur amilosa



Gambar 2.9.2. Struktur amilopektin