

II. TINJAUAN PUSTAKA

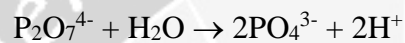
A. Limbah Binatu

Binatu adalah salah satu kegiatan rumah tangga yang menggunakan deterjen sebagai bahan pembantu untuk membersihkan pakaian, karpet, dan alat-alat rumah tangga lainnya. Kehadiran jasa binatu ini dapat membawa manfaat yang cukup besar bagi perekonomian dengan mengurangi jumlah pengangguran serta meningkatkan taraf hidup manusia. Namun limbah binatu dapat menimbulkan pencemaran lingkungan terutama adanya deterjen, jika limbah yang dihasilkan tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang (Pratiwi dkk, 2012).

Deterjen merupakan suatu senyawa sintesis zat aktif muka (*surface active agent*) yang dipakai sebagai zat pencuci yang baik untuk keperluan rumah tangga, industri tekstil, kosmetik, obat-obatan, logam, kertas, dan karet. Deterjen memiliki sifat pendispersi, pencuci dan pengemulsi. Penyusun utama senyawa ini adalah *Dodecyl Benzene Sulfonat* (DBS) yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan busa (Ginting, 2007). Air limbah binatu mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang tinggi antara lain fosfat, surfaktan, ammonia dan nitrogen serta kadar padatan terlarut, kekeruhan, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) (Ahmad dan El-Dessouky, 2008).

Limbah binatu yang dihasilkan oleh deterjen mengandung fosfat yang tinggi. Fosfat ini berasal dari *Sodium Tripolyphosphate* (STPP) yang merupakan salah satu bahan yang kadarnya besar dalam deterjen (HERA, 2003). Dalam

deterjen, STPP ini berfungsi sebagai *builder* yang merupakan unsur terpenting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya menonaktifkan mineral kesadahan dalam air sehingga deterjen dapat bekerja secara optimal. STPP akan terhidrolisa menjadi PO_4 dan P_2O_7 yang selanjutnya juga terhidrolisa menjadi PO_4 (HERA, 2003). Reaksinya adalah sebagai berikut menurut HERA (2003),



Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Gosolit dkk, (1999) didapatkan bahwa kandungan limbah *laundry* yang sangat kotor mengandung *mineral oil*, logam berat, dan senyawa berbahaya di mana harga COD mencapai 1200 sampai 20.000 mg O_2/L . Limbah *laundry* dari hotel, harga COD mencapai 600-2500 mg O_2/L . Berikut adalah kandungan limbah *laundry* yang dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. Kandungan limbah *laundry*

Parameter	Satuan	Kondisi Limbah <i>laundry</i>
Temperatur	°C	62
pH	-	9,6
TSS	Mg/L	35
Total pospat	Mg/L	9,9
BOD ₅	MgO ₂ /L	195
COD	MgO ₂ /L	280

Sumber : Sostar-Turk, 2004.

B. Dampak Limbah *Laundry*

Standar Nasional Indonesia (SNI) mengatakan bahwa air limbah adalah sisa dari hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud air. Notoadmojo (2003) mendefinisikan bahwa air buangan / air limbah adalah air yang tersisa dari

kegiatan manusia, baik kegiatan rumah tangga maupun kegiatan lain seperti industri, perhotelan dan sebagainya. Meskipun merupakan air sisa, namun volumenya besar, karena lebih kurang 80% dan air yang digunakan bagi kegiatan – kegiatan manusia sehari – hari tersebut dibuang lagi dalam bentuk kotor (tercemar). Umumnya deterjen yang digunakan sebagai pencuci pakaian/laundry merupakan deterjen anionik karena memiliki daya bersih yang tinggi.

Deterjen dalam badan air dapat merusak insang dan organ pernafasan ikan yang mengakibatkan toleransi ikan terhadap badan air yang kandungan oksigennya rendah menjadi menurun. Ikan membutuhkan air yang mengandung oksigen paling sedikit 5 mg/ liter atau 5 ppm (*part per million*). Apabila kadar oksigen kurang dari 5 ppm, ikan akan mati, tetapi bakteri yang kebutuhan oksigen terlarutnya lebih rendah dari 5 ppm akan berkembang. Apabila sungai menjadi tempat pembuangan limbah yang mengandung bahan organik, sebagian besar oksigen terlarut digunakan bakteri aerob untuk mengoksidasi karbon dan nitrogen dalam bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Sehingga kadar oksigen terlarut akan berkurang dengan cepat dan akibatnya hewan-hewan seperti ikan, udang dan kerang akan mati (Ahsan, 2005).

Kerugian lain dari penggunaan deterjen adalah terjadinya proses eutrofikasi di perairan. Hal ini terjadi karena penggunaan deterjen dengan kandungan fosfat tinggi. Eutrofikasi, yaitu tumbuhnya lumut dan *microalgae* yang berlebihan dalam badan air yang menerima limbah tersebut (Wagner dkk,

2002). Air yang mengandung $P > 0,015 \text{ mg/L}$ dan $N 0,165 \text{ mg/L}$ yang tersedia secara biologi dapat menyebabkan eutrofikasi (Lawrence dkk, 2002).

Efek yang dapat ditimbulkan oleh adanya eutrofikasi adalah air menjadi keruh dan berbau karena adanya pembusukan lumut-lumut yang mati. Eutrofikasi menyebabkan adanya deteriorasi kualitas air, perubahan ekologi berupa reduksi diversitas spesies dan perubahan struktur komunitas (Hanrahan dkk, 2002). Sebaliknya deterjen dengan rendah fosfat beresiko menyebabkan iritasi pada tangan. Karena diketahui lebih bersifat alkalis. Tingkat keasamannya (pH) antara 10 – 12 (Ahsan, 2005).

C. Fosfat

Fosfat adalah bentuk persenyawaan fosfor yang berperan penting dalam menunjang kehidupan organisme akuatik (Jeffries dan Milis, 1996). Fosfat terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat dalam sel organisme air. Dalam air limbah, senyawa fosfat berasal dari limbah penduduk, industri dan pertanian. Senyawa fosfat yang terkandung di dalam limbah industri pencucian termasuk ke dalam senyawa polifosfat yang merupakan senyawa polimer seperti $(\text{PO}_3)_6^{3-}$ (heksametafosfat), $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ (tripolifosfat) dan $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ (pirofosfat) (Alaerts dan Santika, 1987).

Paytan dan Mc Laughing (2007) menerangkan bahwa fosfat dalam deterjen berfungsi sebagai bahan untuk mencegah menempelnya kembali kotoran pada bahan yang sedang dicuci. Penggunaan deterjen tersebut pada akhirnya akan mempercepat bertambahnya konsentrasi fosfat dalam badan air

sehingga akan mempercepat pertumbuhan alga yang dapat menyebabkan eutrofikasi pada badan air.

D. Baku Mutu Limbah Cair Binatu

Standar baku mutu Industri Binatu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Gubernur DIY No. 5 Tahun 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan *Laundry*

Parameter	Satuan	Baku Mutu
pH	-	6,0 – 9,0
Temperatur	°C	± 3°C terhadap suhu udara
Konduktivitas	µmhos/cm	1562,5
BOD	mgO ₂ /L	50
COD	mgO ₂ /L	125
TSS	mg/L	50
TDS	mg/L	1000
Deterjen	mg/L	5
Fosfat	mg/L	3

Sumber : Peraturan Gubernur DIY No.5 Tahun 2010 mengenai kegiatan Binatu

E. Lumpur Aktif

Menurut Suharto (2010), teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Berbagai teknik pengolahan air limbah untuk menyisahkan bahan polutan telah dicoba dan dikembangkan, teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan secara umum dapat dibagi menjadi tiga metode pengolahan, yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, dan pengolahan secara biologi. Menurut Ginting (1995), proses pengolahan air limbah dengan cara biologi ialah memanfaatkan mikroorganisme (ganggang, bakteri dan protozoa) untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana. Pengolahan limbah

secara biologis dilakukan dengan tiga metode, baik secara aerob, anaerob, dan pengolahan secara fakultatif anaerob.

Menurut Herlambang dan Wahjono (1999), lumpur aktif (*activated sludge*) adalah proses pertumbuhan mikroba tersuspensi pada pengolahan limbah. Proses pendegradasian pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO_2 , H_2O , NH_4 , dan sel biomassa baru. Proses ini menggunakan udara yang disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi mekanik. Sugiharto (1987), menerangkan bahwa lumpur aktif merupakan endapan lumpur yang berasal dari air limbah yang telah mengalami pemberian udara (aerasi) secara teratur, sedangkan Benefield dan Randal (1980), mengatakan bahwa lumpur aktif adalah kultur campuran mikroorganisme yang terdiri dari bakteri, protozoa, rotifer dan fungi.

Menurut Herlambang dan Wahjono (1999), proses lumpur aktif dapat dibedakan menjadi dua yaitu proses lumpur aktif konvensional dan modifikasi proses lumpur aktif konvensional. Proses lumpur aktif konvensional menurut Asmadi dan Suharno (2012) membutuhkan tangki aerasi dan tangki sedimentasi, tangki oksidasi digunakan untuk mengoksidasi aerobik material organik dan tangki sedimentasi digunakan untuk sedimentasi flok mikrobial (lumpur) yang dihasilkan selama fase oksidasi dalam tangki aerasi. Sebagian lumpur dalam tangki penjernih didaur ulang kembali dalam bentuk Lumpur Aktif Balik (LAB) ke dalam tangki aerasi dan sisanya dibuang untuk menjaga nisbah yang tepat antar makanan dan mikroorganisme.

Proses lumpur aktif dalam pengolahan air limbah tergantung pada pembentukan flok lumpur aktif oleh mikroorganisme (terutama bakteri), partikel inorganik, dan polimer exoselular. Selama pengendapan flok, material yang terdispersi, seperti sel bakteri dan flok kecil, menempel pada permukaan flok. Pembentukan flok lumpur aktif dan penjernihan dengan pengendapan flok terjadi akibat agregasi bakteri dan mekanisme adesi. Flokulasi dan sedimentasi flok tergantung pada hipobisitas internal dan eksternal dari flok dan material *exopolimer* dalam flok, dan tegangan permukaan larutan mempengaruhi hidropobisitas lumpur granular dari reaktor lumpur anaerobik (Herlambang dan Wahjono, 1999).

Pertumbuhan mikroorganisme akan membentuk gumpalan massa yang dapat dipertahankan dalam suspensi bila unit lumpur aktif diaduk, tetapi bila pengadukan dihentikan maka gumpalan akan mengendap. Aerasi yang digunakan dalam sistem aerobik harus bekerja secara berkelanjutan sehingga mampu mempertahankan sisa konsentrasi oksigen terlarut dalam larutan. Aerasi sendiri adalah penambahan oksigen secara terus menerus dalam proses pengolahan limbah (Jeni dan Rahayu, 1993).

Bakteri indigenus yaitu bakteri yang hidup bebas di alam dan memiliki berbagai macam manfaat bagi manusia. Pemanfaatan bakteri untuk bioremediasi limbah mampu mencegah efek negatif limbah terhadap lingkungan yang merupakan habitat berbagai makhluk hidup (Octavia, 2010). Sedangkan menurut Yazid (2014), bakteri indigenus merupakan mikroba pribumi/ alami yang

diisolasi dari limbah yang jenisnya sama dengan jenis limbah yang akan dilakukan pengolahan.

Lumpur aktif terdiri dari 95% bakteri dan 5% adalah fungi, alga, rotifer dan protozoa. Bakteri aerobik yang mendukung keberhasilan unit lumpur aktif harus memiliki keaktifan yang tinggi. Mikroorganisme dalam lumpur aktif dibagi menjadi empat kelompok, yaitu mikroorganisme pembentuk flok, saprofit, predator dan organisme penghambat (Sutapa, 1999).

Organisme pembentuk flok merupakan mikroorganisme yang paling berperan dalam proses lumpur aktif. Bakteri merupakan mikroorganisme yang termasuk dalam kelompok pembentuk flok. Mikroorganisme saprofit berfungsi dalam mendegradasi senyawa organik melalui metabolisme selnya, yang termasuk ke dalamnya adalah bakteri aerob. Mikroorganisme predator merupakan mikroorganisme pemakan organisme lain dalam lumpur aktif. Kemudian, mikroorganisme penghambat pembentuk flok adalah berbagai jenis jamur dan alga (Sutapa, 1999).

Analisis yang perlu dilakukan dalam pengolahan limbah industri adalah sebagai berikut :

1. Volume Lumpur

Analisis volume lumpur dilakukan untuk menguji kecepatan pengendapan lumpur. Sampel limbah dimasukkan ke dalam gelas ukur volume satu liter dan dibiarkan selama 30 menit. Hasil diperoleh dalam satuan ml/liter (Siregar, 2005).

2. *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS)

Isi di dalam bak aerasi pada proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai *mixed liquor* yang merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganisme serta padatan tersuspensi lainnya. MLSS adalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk di dalamnya adalah mikroorganisme (Asmadi dan Suharno, 2012).

Analisis MLSS bertujuan untuk mengetahui kuantitas padatan tersuspensi yang terkandung pada larutan dalam tangki aerasi, dengan kata lain analisis MLSS digunakan sebagai indikator yang menunjukkan jumlah mikroorganisme pada sistem lumpur aktif (Sari dkk., 2013).

3. Oksigen

Biodegradasi hidrokarbon minyak bumi membutuhkan oksigen sebagai akseptor elektron karena dasar proses biodegradasi adalah oksidasi (Cooney, 1984). Kekurangan oksigen menyebabkan biodegradasi menurun. Oksigen dapat disuplai melalui pengadukan tanah secara berkala atau dialirkan melalui pipa-pipa (Bewley, 1996).

F. Mikrobia Pendegradasi Fosfat

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Schleheck dkk. (2004) menyatakan bahwa komunitas mikroba pendegradasi fosfat didominasi oleh bakteri Gram negatif, termasuk di dalamnya adalah sub kelas Proteobacteria merupakan kelompok bakteri yang aktif menggunakan detergen (LAS dan BAS) sebagai sumber karbon utama. Pada kondisi aerob, organisme

pengakumulasi polifosfat (*polyphosphate accumulating organisms/PAO*) mengembalikan simpanan polifosfat melalui *uptake*/pengambilan fosfat dari limbah cair. Fosfat akan dibuang dalam bentuk lumpur yang mengandung polifosfat intraseluler (Wagner dkk, 2002).

PAO adalah bakteri yang memiliki kemampuan mengakumulasi fosfor yang melebihi kebutuhan sel normal, yang secara normal berkisar antara 1 – 3% berat kering. PAO tidak hanya mengkonsumsi fosfor untuk pembentukan komponen selulernya saja, tetapi juga mengakumulasi sejumlah besar polifosfat dalam selnya, sehingga fosfor dalam organisme ini berkisar 5-7% dari biomassa sel. PAO memiliki kemampuan mengkonsumsi komponen karbon sederhana sebagai sumber energi tanpa keberadaan akseptor elektron eksternal seperti nitrat atau oksigen. PAO dapat menghasilkan energi dari polifosfat internal atau glikogen yang tersimpan di dalam selnya. Beberapa bakteri yang termasuk dalam golongan PAO adalah *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Aerobacter*, *Moraxella*, *E. coli*, *Mycobacterium* dan *Beggiatoa* (Bitton, 1994 dalam Khusnuryani, 2008).

G. Hipotesis

1. Lumpur aktif dengan penambahan bakteri mampu meremediasi limbah cair *laundry*.
2. Bakteri campuran indigenus merupakan bakteri yang paling baik dalam meremediasi limbah cair *laundry*.