

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair rumah sakit adalah seluruh hasil buangan dari proses kegiatan pelayanan rumah sakit yang meliputi limbah cair domestik (air buangan dapur, kamar mandi dan air bekas cucian pakaian), air limbah klinis (air bekas cucian luka, darah dan lain-lain), air limbah laboratorium dan lain-lain. Air limbah tersebut umumnya banyak mengandung senyawa pencemar organik dan dapat diolah menggunakan proses pengolahan biologi (Kementerian Kesehatan RI, 2011).

Air limbah rumah sakit adalah salah satu sumber pencemar yang berbahaya. Hal ini dikarenakan limbah cair rumah sakit mengandung senyawa organik, mengandung senyawa-senyawa kimia (contonya fosfat dan amonia) dan mengandung mikroorganisme patogen contohnya *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* dan *Klebseila pneumoniae*. Oleh karena dampak limbah cair rumah sakit terhadap kesehatan sangat besar, maka setiap Rumah Sakit diharuskan mengelola limbah cair rumah sakit sesuai persyaratan dan standar yang berlaku (Soedjarwo, 2003).

Menurut Budi (2006), limbah cair dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu kimia, fisik, dan biologis. Adapun penjelasannya sebagai berikut.

#### 1. Sifat kimia

Zat kimia yang terkandung dalam limbah cair dikelompokkan menurut bahannya yaitu bahan organik dan bahan anorganik. Limbah cair berbahan organik yang sering dijumpai dalam kandungan air limbah yaitu

protein sebesar 40-60%, karbohidrat sebesar 25-50% dan lemak sebesar 10%. Limbah cair berbahan anorganik diantaranya yaitu logam berat seperti Ni, Mg, Pb, Cr, Cu, Zn, Hg, dan Fe, Fosfat, NH<sub>3</sub>, O<sub>3</sub> dan CH<sub>4</sub>.

## 2. Sifat fisik

Sifat fisik sangat menentukan derajat kekotoran air limbah yang mudah dilihat. Kandungan zat padat dijadikan efek estetika, bau, kejernihan, dan warna. Limbah cair rumah sakit 99% adalah air dan sisanya terdiri dari partikel-partikel tidak terlarut.

## 3. Sifat biologi

Sifat biologi atau sifat bakteriologi diketahui untuk menaksirkan tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. mikroorganisme yang terdapat di dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi Protista yang meliputi bakteri, protozoa, alga dan jamur. Mikroorganisme patogen yang terdapat di dalam limbah cair Rumah Sakit dapat membahayakan kesehatan masyarakat. Adapun beberapa contoh mikroorganisme patogen yang berasal dari rumah sakit yaitu *Salmonella* sp., *Shignella* sp., *Vibrio cholerae*, *Streptococcus* sp. dan coliform. Mikroorganisme patogen tersebut dianggap berbahaya karena dapat menyebabkan penyakit seperti diare. Limbah cair Rumah Sakit jika tidak dikelola terlebih dahulu dapat mencemari air permukaan, air tanah dan mengganggu biota pada badan-badan air, sehingga diperlukan penanganan pada limbah cair rumah sakit.

Faktor yang mempengaruhi limbah yaitu volume limbah, frekuensi pembuangan limbah dan kandungan bahan pencemar yang terdapat di dalam

limbah, sedangkan tingkat pencemar yang menimbulkan keracunan tergantung pada jenis dan karakteristik limbah cair tersebut (Gunawan, 2006). Adapun standar baku mutu air limbah untuk kegiatan pelayanan kesehatan menurut Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan Rumah Sakit Umum Kelas B dan C

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemar Paling Banyak (gram/bed/hari)
Suhu <sup>(a)</sup>		38°C
TDS <sup>(a)</sup>	2000	1.000
pH <sup>(a)</sup>		6-9
BOD <sup>(a)</sup>	30	15
TSS <sup>(a)</sup>	30	15
Amoniak (NH <sub>3</sub> -N) <sup>(a)</sup>	1	0,5
Fosfat (PO <sub>4</sub> ) <sup>(b)</sup>	2	1

Keterangan :

- a) Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016
- b) Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2010

## B. Kandungan Fosfat dalam Limbah Rumah Sakit

Fosfat adalah salah satu bahan penting dalam pembuatan deterjen. Kandungan fosfat yang berlebih dapat mengganggu air tanah dan bila air tersebut dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan kerusakan pada fungsi ginjal (Yuniarti dkk., 2009). Bentuk fosfat dalam limbah cair yang penting yaitu dalam bentuk fosfat organik, polifosfat dan ortofosfat. Limbah cair rumah sakit yang mengandung fosfat dapat menimbulkan masalah lingkungan misalnya eutrofikasi.

Eutrofikasi yaitu fenomena di mana jumlah kandungan fosfat di badan air berlebih sehingga mendukung pertumbuhan algae secara pesat (*blooming*) yang mengakibatkan warna air menjadi kehijauan, berbau tidak sedap dan

kadar kekeruhan meningkat. Limbah cair yang mengandung fosfat harus terlebih dahulu diolah sebelum dibuang ke badan air agar menghindari terjadinya eutrofikasi. Baku mutu effluent fosfat yaitu 2 ml/l (Budi, 2006).

Pengolahan limbah yang mengandung deterjen dapat diatasi secara fisik dan kimia. Salah satu cara pengolahan menggunakan proses fisik yaitu dengan filtrasi menggunakan bahan seperti arang kelapa, pasir halus dan batu zeolite. Pengelolaan secara kimia dapat dilakukan menggunakan senyawa-senyawa yang dapat memisahkan ikatan fosfat seperti silika, asam sitrat, karbon aktif dan lain-lain. Proses fisik dan kimia biasanya dilakukan secara beriringan untuk mengurangi senyawa-senyawa yang dapat merusak lingkungan. Proses fisik digunakan untuk menyaring dan dilanjutkan dengan proses kimia yaitu dengan mencampurkan bahan kimia seperti tawas (Nugroho dan Ikbal, 2004).

Bentuk penting fosfat di dalam limbah cair adalah fosfat organik, polyphosfat dan orthoposfat. Polyphosfat banyak digunakan untuk pembuatan deterjen sintesis. Kandungan fosfat dalam sabun bertujuan agar sabun berbentuk buih (Budi, 2006). Deterjen dapat mempercepat absorbs racun pada ikan melalui insang dan bersifat resisten sehingga terjadi akumulasi. Senyawa fosfat di dalam sel organisme terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat dengan sel (Soemirat, 1994).

Senyawa fosfat yang terdapat di dalam air limbah dapat berasal dari limbah penduduk, industri dan pertanian. Pada limbah cair pertanian senyawa ortofosphat berasal dari pupuk yang masuk ke dalam sungai

melalui pembuangan dan aliran air hujan. Senyawa poliphosfat dapat masuk ke dalam aliran sungai dapat disebabkan oleh hasil samping dari aktifitas industri pencucian, industri logam dan sebagainya, juga berasal dari air buangan penduduk. Fosfat organik dalam air buangan dapat berasal dari sisa makanan dan air buangan aktifitas penduduk (Budi, 2006).

Contoh kasus yang terjadi pada Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) kota Bitung pada tahun 2016 berdasarkan penelitian yang dilakukan Rompas dkk (2016) yaitu tingginya kadar fosfat dengan nilai rata-rata pada waktu pengambilan sampel air pagi hari di bak intel IPAL RSUD Bitung sebesar 2,5 mg/L dan pengambilan pada malam hari yaitu 3,1 mg/L, sedangkan kadar fosfat pada bak outlet pada pagi hari yaitu 2,8 mg/L dan pada malam hari yaitu 2 mg/L. Pada pengambilan di bak outlet pada pagi hari tidak sesuai standar baku mutu yang ditetapkan.

### **C. Kandungan Amonia dalam Limbah Rumah Sakit**

Masuknya bahan anorganik maupun organik secara menerus pada perairan dapat mengakibatkan kualitas perairan melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Salah satu bahan anorganik yang terdapat di perairan yaitu amonia. Amonia dapat menimbulkan iritasi pada manusia seperti iritasi pada kulit, gangguan saluran pernapasan, dan iritasi pada mata. Pada biota perairan, ammonia dapat mengakibatkan keracunan (Titiresmi dan Sopian 2006).

Menurut Widayat dkk (2010) konsentrasi amonia sebesar 1 mg/liter dalam perairan dapat mengakibatkan matinya beberapa jenis ikan karena lemas. Amonia dapat mengurangi konsentrasi oksigen dalam air. Limbah cair yang

mengandung amonia perlu dilakukan pengelolaan sebelum dibuang ke badan-badan air. Pengelolaan untuk menurunkan kandungan amonia dalam air dapat dilakukan dengan beberapa pengelolaan yaitu secara fisik/kimiawi, biologi ataupun gabungan kedua cara tersebut (Sedlak, 1991).

Pengelolaan secara kimiawi untuk menurunkan konsentrasi amonia dalam air dilakukan dengan cara penambahan bahan kimia ke dalam air limbah. Senyawa kimia yang biasanya digunakan dalam pengelolaan air limbah yaitu khlor (kaporit) (Darmasetiawan, 2004). pengelolaan secara kimiawi menggunakan khlor dapat menimbulkan masalah baru karena senyawa khlor bersifat reaktif, mudah bereaksi dengan senyawa lain dan dapat membentuk senyawa baru yang bersifat toksik dan dapat menimbulkan efek karsinogen (Hasan, 2006).

Efek samping negatif yang ditimbulkan dari pengelolaan kimia dapat diminimalisirkan dengan pengelolaan secara biologi. pengelolaan secara biologi memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan pengelolaan biologi yaitu tidak menimbulkan efek samping yang berbahaya bagi manusia maupun lingkungan dan tidak membutuhkan banyak biaya namun kekurangan menggunakan pengelolaan secara biologi yaitu membutuhkan waktu yang cukup lama untuk hasil yang stabil (Tim Teknik Pembangunan Sanitasi, 2010).

Amoniak dalam limbah cair dapat berasal dari air seni, tinja dan juga dari oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air buangan industri dan penduduk. Air tanah mengandung sedikit  $\text{NH}_3$  karena  $\text{NH}_3$  dapat

menempel pada butir tanah liat saat infiltrasi air ke dalam tanah dan sulit terlepas dari butir-butir tanah tersebut. Pada air minum, kadar amonia harus nol dan standar baku mutu amonia di sungai harus di bawah 0,5mg/L (Alaerts, 1984). Peningkatan amoniak juga meningkatkan nilai pH dan suhu perairan. Pada pH kurang dari atau sama dengan 7, maka sebagian amoniak akan terionisasi. Pada pH di atas 7 maka amoniak tidak terionisasi dan bersifat toksik jika berada dalam jumlah yang banyak. Toksisitas amoniak terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan suhu, pH, dan kadar oksigen terlarut (Effendi, 2003).

Contoh kasus yang terjadi di salah satu Rumah Sakit Umum Provinsi Nusa Tenggara (NTB) berdasarkan penelitian yang dilakukan Astuti dan Purnama (2014), hasil pengolahan limbah cair untuk kadar amonia masih diatas standar baku mutu. Pemeriksaan dilakukan dari bak outlet dengan kadar amonia sebesar 20 mg/L.

#### **D. Bakteri**

Bakteri adalah mikrobia heterogen dan dapat hidup pada lingkungan yang beranekaragam. Peran bakteri yang penting pada alam yaitu mendaur ulang nutrient di biosfer dan menjadi berguna bagi jasad lain oleh sebab itu bakteri disebut memiliki peran penting pada alam. Pada umumnya bakteri tidak memiliki klorofil, berbentuk sel tunggal dan berkembang biak dengan cara biner atau membelah diri (Suriawira, 1986). Menurut Harti (2015) ciri-ciri mikrobia dapat dijelaskan dari margin, ukuran dan evaluasi.

Ciri-ciri mikroba berdasarkan margin. Bagian tepi bakteri bervariasi tergantung dari spesies bakteri. Tepi bakteri dapat berbentuk melingkar rata seperti tepi atau tidak beraturan seperti tonjolan yang melengkung dan seperti benang atau seperti akar.

Ukuran bakteri bervariasi mulai dari ujung jarum dengan diameter 5-10 mm. Besarnya diameter koloni tergantung pada beberapa factor contohnya hanya koloni yang tersebar saja yang dapat diukur karena koloni-koloni yang tertumpuk cenderung memiliki ukuran yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena persaingan pada koloni yang menyebar lebih kecil dari pada yang terjadi pada koloni yang menumpuk.

Evaluasi koloni bakteri tergantung pada jenis spesies dapat tipis hingga tebal. Permukaan dapat merata atau bisa menunjukkan adanya variasi keseimbangan.

#### 1. Bakteri *Acinetobacter baumannii*

Bakteri *Acinetobacter baumannii* memiliki bentuk koloni sirkular, cembung, halus, dan dengan margin berbentuk entire. Bakteri *Acinetobacter baumannii* merupakan bakteri gram negatif yang tidak berspora dan berbentuk batang pada fase eksponensial namun kokobasil pada fase stasioner, berukuran 0,9 – 1,6 $\mu$ m, bersifat tidak motil karena tidak memiliki flagella namun memiliki fimbrae polar dan ketika dienkapsulasi menjadi tidak berpigmen juga berlendir. (Bergey and Boone, 2001).

Bakteri ini terdapat di air dan tanah, bersifat aerob dengan suhu optimal untuk hidup sebesar 33°C–35°C dan pH 5,5–6,0 serta bersifat

kemoorganoheterotrof dengan metabolisme jenis pernapasan. Kebanyakan strain dapat tumbuh pada garam minimal bersama dengan asetat, etanol, atau laktat dan beberapa strain menggunakan glukosa. Reaksi biokimia utama yang dimiliki oleh spesies ini yaitu Oksidase – negatif, Katalase – positif (Bergey and Boone, 2005).

## 2. Bakteri *Nitrobacter winogradsky*

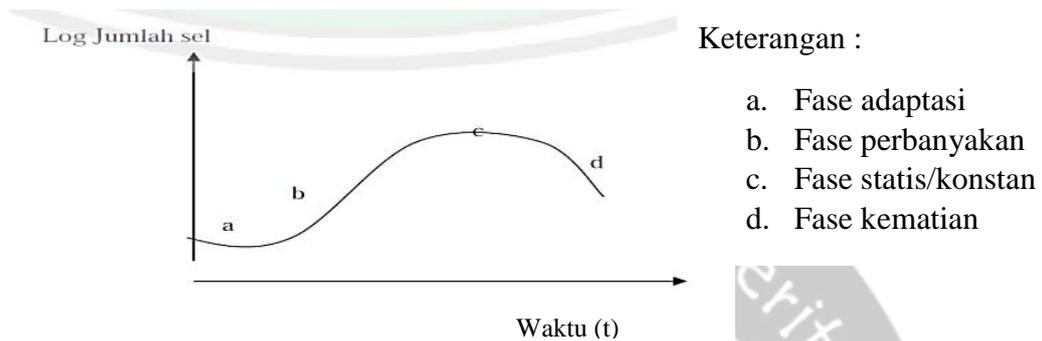
Dalam siklus nitrogen, bakteri yang berperan ialah bakteri *Nitrobacter winogradsky* yang mengoksidasi nitrit menjadi nitrat. Bakteri *Nitrobacter winogradsky* berada di dalam tanah, air tawar, air laut, air payau, lumpur dan batuan berpori. Bakteri ini berbentuk batang, spiral dan ellipsoidal. Gram negatif, non motil, katalase-positif dan kemototrof. Kemototrof yaitu bakteri menggunakan energi kimia untuk mensintesis makanannya. *Nitrobacter winogradsky* membutuhkan pH pertumbuhan yang baik yaitu antara 5,8-8,5 dan 7,3-7,5 (Sri dkk., 2012).

Menurut Grundman dkk (2000) bakteri *Nitrobacter* sp akan mati pada suhu diatas 49°C dan di bawah 0°C. *Nitrobacter* sp tumbuh pada suhu 38°C. Menurut Magdalena (2009), genus *Nitrobacter* terdiri atas *Nitrobacter hamburgensis*, *Nitrobacter alacticus*, *Nitrobacter vulgaris* dan *Nitrobacter winogradsky*.

## E. Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan bakteri dapat dilihat dari dua segi yaitu pertumbuhan populasi dan pertumbuhan sel bakteri. Pertumbuhan populasi yaitu pertumbuhan individu bakteri tersebut, misalnya dari satu bakteri menjadi dua dan seterusnya

hingga menjadi banyak. Pertumbuhan sel yaitu penambahan volume sel bakteri atau penambahan kualitas isi dan kandungan di dalam sel (Suriawira, 1986). Pertumbuhan mikrobial dapat digambarkan dalam kurva statis seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Fase Pertumbuhan Mikroorganisme (Brock & Madigan, 1991).

a. Fase adaptasi

Fase adaptasi adalah fase penyesuaian mikrobial dalam suatu medium dengan substrat dan kondisi lingkungan sekitarnya. Pada fase ini, beberapa enzim belum disintesis sehingga belum terjadi pembelahan sel. Faktor yang mempengaruhi lamanya fase adaptasi yaitu jumlah inoculum dan medium. Jumlah inoculum adalah jumlah awal sel yang jika semakin tinggi maka semakin mempercepat fase adaptasi. Medium dan lingkungan pertumbuhan yang baru jika tidak berbeda dengan medium dan lingkungan pertumbuhan yang sebelumnya maka tidak ada fase adaptasi, namun jika berbeda maka dibutuhkan waktu untuk mensintesis enzim-enzim untuk metabolisme (Purwoko, 2007).

b. Fase perbanyakan (logaritmi atau eksponensial)

Fase pertumbuhan logaritmik yaitu fase di mana sel mikrobial berkembang secara cepat dan konstan. Fase ini membutuhkan lebih banyak energi

dibandingkan fase-fase lainnya. Factor yang mempengaruhi fase ini yaitu kandungan nutrient dalam medium, pH medium, suhu dan kelembaban udara (Purwoko, 2007).

c. Fase statis/konstan

Fase ini disebut fase statis atau pertumbuhan tetap karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati, sehingga kurva menghasilkan garis yang horizontal (Dwidjoseputro, 1989). Ukuran sel pada fase ini lebih kecil karena sel masih tetap membelah dengan sisa-sisa nutrisi yang ada. Alasan bakteri tidak melakukan pembelahan pada fase ini antara lain karena habisnya nutrien, penurunan kadar oksigen, penurunan kadar air dan lain-lain. Pada tahap ini sel beradaptasi dengan kondisi yang kurang menguntungkan tersebut. (Purwoko, 2007).

d. Fase kematian

Pada fase ini, sel mengalami kematian karena nutrisi di dalam medium sudah habis dan energi cadangan sel sudah mulai habis. Jumlah sel yang mati dipengaruhi oleh jenis mikrobia, kondisi lingkungan dan nutrisi (Fardiz, 1992). Pembuatan kurva pertumbuhan bertujuan untuk melihat fase kehidupan dari bakteri yang diuji. Pengukuran kurva dilakukan berdasarkan metode turbidimetri. Prinsip dasar metode turbidimetri yaitu jika cahaya mengenai sel, maka sebagian cahaya akan diserap dan sebagian cahayanya lagi akan diteruskan. Jumlah cahaya yang diserap berbanding lurus dengan jumlah sel bakteri dan jumlah cahaya yang diteruskan berbanding terbalik dengan jumlah sel (Purwoko, 2007).

## F. Kondisi Pertumbuhan Mikrobial

Menurut Suharni dkk (2008), mikrobial membutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhannya. Adapun beberapa parameter yang harus diperhatikan untuk menumbuhkan mikrobial yaitu:

### a. pH

Nilai pH sangat mempengaruhi aktivitas enzim sehingga sangat mempengaruhi pertumbuhan mikrobial. Selama fase pertumbuhan, mikrobial dapat mempengaruhi pH medium, sehingga dibutuhkan *buffer* pada medium untuk menjaga kondisi pH agar tidak mudah berubah.

### b. Suhu

Mikrobial dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan sifat suhu pertumbuhannya yaitu mesofil, termofil dan psikofil. Mesofilik adalah mikrobial yang tumbuh dengan baik pada suhu 20-45° C dan psikofilik yaitu bakteri yang tumbuh dengan baik pada suhu 0-20°C.

### c. Kondisi atmosfer

Mikrobial anaerob memerlukan oksigen bebas tetapi bagi mikrobial aerob obligat justru oksigen sangat beracun. Oleh karena itu untuk menumbuhkan mikrobial anaerobik diperlukan keadaan yang anaerob.

### d. Tekanan osmosis

Tekanan osmosis adalah tekanan terendah yang dibutuhkan untuk mencegas air melewati membran dalam larutan. Larutan tempat pertumbuhan mikrobial dapat digolongkan berdasarkan tekanan osmosisnya yaitu larutan isotonis, larutan hipotonis dan larutan hipertonis. Mikrobial biasanya

hidup pada lingkungan yang bersifat hipotonis yaitu air mengalir dari lingkungan menuju sel sehingga sel akan membengkak dan pecah.

#### **G. Karakteristik Arang Kayu sebagai medium Lekat Bakteri**

Pengolahan limbah cair menggunakan arang kayu berfungsi sebagai pengolah sekunder dari pengolahan biologis. Pada penelitian ini, arang kayu digunakan untuk mengurangi kadar bahan-bahan organik yang terlarut. Pori-pori yang terdapat pada arang kayu dapat menyerap partikel-partikel. Proses ini biasanya digunakan untuk melengkapi pengolahan limbah industri secara biologis. Penelitian ini menggunakan arang kayu sebagai medium pertumbuhan lekat. Medium lekat yaitu tempat bakteri melekat dan memakan partikel-partikel melekat pada pori-pori arang kayu dapat diuraikan oleh bakteri di dalam limbah cair. Arang kayu sebagai medium pertumbuhan berguna juga untuk menurunkan zat warna dan deterjen dari limbah industri tekstil (Metcalf dan Eddy, 1991).

#### **H. Hipotesis**

1. Terjadi penurunan kadar amonia oleh bakteri *Acinetobacter baumannii* sebesar 63,75% dan oleh bakteri *Nitrobacter winogradskyi* 56,87%. Penurunan fosfat yang dapat didegradasi oleh bakteri *Acinetobacter baumannii* sebesar 68,67% dan oleh bakteri *Nitrobacter winogradskyi* sebesar 65,23%.
2. *Acinetobacter baumannii* dengan perlakuan penambahan tabung reaksi C<sub>1</sub> dengan kepadatan  $90 \times 10^8$  dan *Nitrobacter winogradskyi* dengan perlakuan penambahan tabung reaksi C<sub>2</sub> dengan kepadatan  $86 \times 10^8$

paling efektif dalam menurunkan kadar amonia dan fosfat limbah Rumah Sakit dibandingkan *Acinetobacter baumannii* dan *Nitrobacter winogradskyi* dengan penambahan tabung reaksi A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> dan B<sub>2</sub>.

3. *Acinetobacter baumannii* paling efektif dalam menurunkan kadar fosfat sedangkan *Nitrobacter winogradskyi* paling efektif dalam menurunkan kadar amonia.

