

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit dalam bentuk cair dan dapat juga diartikan sebagai semua air buangan termasuk tinja yang berasal dari kegiatan rumah sakit yang mengandung mikroorganisme dan bahan kimia beracun berbahaya bagi kesehatan. Limbah cair yang dihasilkan rumah sakit mempunyai karakteristik tertentu baik fisik, kimia, dan biologisnya (Kepmenkes RI No. 1204/Menkes/SK/X/2004).

Menurut Budi (2006) karakteristik limbah cair rumah sakit dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yakni :

a. Sifat Fisik

Sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika, kejernihan, bau, warna dan temperatur. Komposisi limbah cair rumah sakit sebagian besar terdiri dari 99,9 % air dan sisanya terdiri dari partikel-partikel tidak terlarut 0,1 %. Partikel-partikel padat terdiri dari zat organik 70 % dan anorganik 30 %. Zat organik terdiri dari 65 % protein, 25 % karbohidrat dan 10 % lemak. Zat organik tersebut sebagian besar mudah terurai (*degradabel*) yang merupakan sumber makanan dan media yang baik bagi pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme yang lainnya.

b. Sifat Kimia

Sifat kimia dalam air limbah dapat diketahui dengan adanya zat kimia air buangan. Zat kimia air limbah dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Bahan Organik

Air limbah dengan pengotoran sedang, sekitar 75 % dari benda-benda tercampur dan 40 % dari zat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik, yang dijumpai dalam air limbah bersisikan 40-60 % adalah protein, 25-50 % berupa karbohidrat serta 10 % lainnya berupa lemak.

2. Bahan Anorganik

Zat anorganik yang penting peranannya di dalam mengontrol air limbah adalah pH , kadar khlor, alkalinitas, kadar sulfur, zat beracun, logam berat dan gas. Adapun jenis logam berat tersebut seperti Ni, Mg, Pb, Cr, Cd, Zn, Cu, Fe dan Hg , metan, hidrogen, fosfor dan gas seperti NH_3 , CH_4 , O_3 .

c. Sifat Bakteriologis

Sifat bakteriologis pada air buangan perlu diketahui untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. Mikroorganisme yang penting dalam air limbah dan air permukaan yaitu protozoa dan algae pada proses dekomposisi atau stabilisasi bahan-bahan organik.

Limbah cair pada kecepatan yang lebih rendah dapat memasuki air tanah bila konsentrasi limbah cukup tinggi atau bila terdapat retakan pada tanah. Badan-badan air umumnya dimanfaatkan sebagai sumber air oleh masyarakat, baik untuk sumber air minum, kebutuhan rumah tangga, industri, irigasi atau untuk keperluan rekreasi, sehingga air tersebut tidak boleh menjadi media transmisi penyakit akibat kontaminasi fekal atau akibat adanya perubahan suhu, salinitas atau pH air. Oleh

karena itu diperlukan suatu penanganan limbah agar badan air tidak kelebihan bahan organik atau anorganik, bahan beracun ataupun substansi yang secara estetika tidak layak (Atlas dan Bartha, 1998).

Limbah cair rumah sakit yang dibuang ke sungai atau badan air akan menimbulkan dampak terhadap penduduk yang menggunakan air sungai atau badan air tersebut untuk kebutuhan hidupnya. Limbah rumah sakit dapat menimbulkan perubahan pada kualitas air yang dilaluinya, yang berupa :

1. Peningkatan zat padat berupa bahan organik sehingga terjadi kenaikan limbah padatan, baik tersuspensi ataupun terlarut.
2. Peningkatan kebutuhan oksigen terlarut karena adanya aktivitas mikrobial pembusuk bahan organik, akibatnya TSS (*Total Soluble Solid*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) naik serta DO (*Dissolved Oxygen*) rendah sehingga mengganggu kehidupan dalam perairan.
3. Peningkatan senyawa zat-zat racun dalam air yang menghasilkan bau busuk yang menebar keluar dari ekosistem akuatik.

Beberapa rumah sakit telah mengoperasikan instalasi pengolahan limbah cair (IPAL), namun banyak juga yang belum memiliki IPAL. Rumah sakit yang belum memiliki IPAL akan membuang limbah cairnya ke sistem perairan umum dengan perlakuan minimal atau tanpa perlakuan. Rumah sakit yang telah memiliki IPAL juga belum menghasilkan effluent yang memenuhi standar baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan. Adapun parameter yang sering melampaui standar baku mutu diantaranya adalah NH_3 bebas dan PO_4 (Khusnuryani, 2008). Standar baku mutu yang digunakan untuk parameter kadar limbah cair rumah sakit

disesuaikan dengan Peraturan Gubernur DIY No.7 Tahun 2010 Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Pelayanan Kesehatan Kelas A dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 . Peraturan Gubernur DIY No.7 Tahun 2010 Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Pelayanan Kesehatan Kelas A. No. 7 Tahun 2010.

No	Parameter	Kadar Max (mg/L)	Beban pencemaran Max (mg/L)
1	Fosfat (PO ₄)	2	1,1
2	Amonia	0,1	0,055
3	TDS	1000	550
4	TSS	30	16,5
5	BOD	30	16,5

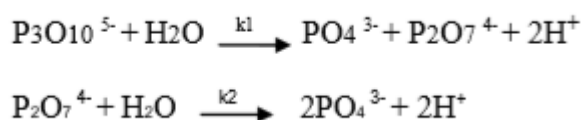
Pengolahan limbah yang kurang sempurna dikhawatirkan dapat mencemari lingkungan dan akan membawa dampak berbahaya bagi lingkungan. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan usaha untuk menurunkan kadar fosfat pada pengolahan limbah rumah sakit. Salah satu usaha yang dapat ditempuh adalah dengan mengembangkan pengolahan limbah cair secara biologi. Menurut Khusnuryani (2008), identifikasi mikrobia yang bertanggung jawab dalam penurunan nitrogen dan fosfor dalam instalasi pengolahan limbah dipandang penting dan perlu dilakukan.

B. Kandungan Fosfat

Rumah sakit dalam kegiatannya banyak menggunakan bahan-bahan yang berpotensi mencemari lingkungan. Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah rumah sakit yang mengandung fosfat tinggi yang melebihi baku mutu yang akan menyebabkan masalah lingkungan hidup sehingga perlu dilakukan penanganan bahan pencemar fosfat limbah cair rumah agar tidak mencemari lingkungan (Budi, 2006).

Salah satu limbah cair organik yang belum bisa dikurangi dalam pengolahan limbah rumah sakit yaitu fosfat. Fosfat berada dalam air limbah dalam bentuk organik, sebagai ortophosfat anorganik atau sebagai fosfat-fosfat kompleks. Fosfat kompleks mewakili kira-kira separuh dari fosfat air limbah perkotaan dan berasal dari penggunaan bahan-bahan detergen. Fosfat kompleks mengalami hidrolisis selama pengolahan hayati menjadi bentuk ortofosfat (PO_4^{3-}) (Budi, 2006).

Phospat berasal dari Sodium Tripolyphosphate (STPP) yang merupakan salah satu bahan yang kadarnya besar dalam detergen. STPP ini berfungsi sebagai penyusun yang merupakan unsur penting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya menonaktifkan mineral kesadahan dalam air sehingga detergen dapat bekerja secara optimal STPP ini akan terhidrolisis menjadi PO_4 dan P_2O_7 yang selanjutnya akan terhidrolisis juga menjadi PO_4 menurut reaksi berikut ini (Hardyanti dan Suparni, 2007) :



Proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan organik. Proses pengolahan air limbah secara hayati dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses hayati aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses hayati anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi (Waluyo, 2009).

Fosfat berada dalam air limbah dalam bentuk organik sebagai ortophosfat anorganik atau sebagai fosfat-fosfat kompleks. Fosfat kompleks mewakili kira-kira separuh dari fosfat air limbah perkotaan dan berasal dari penggunaan bahan-bahan detergen sintetis. Fosfat kompleks mengalami hidrolisis selama pengolahan biologis menjadi bentuk ortofosfat (PO_4^{3-}) (Putra dkk., 2018)

Konsentrasi rata-rata fosfor keseluruhan sebanyak 10 mg/l berada dalam air limbah perkotaan, kira-kira 10 % dibuang sebagai bahan tak terpakai selama pengendapan primer dan 10 % hingga 20 % lainnya digabungkan ke dalam sel-sel bakteri selama pengolahan biologis. Sisa yang 70 % dari fosfor yang masuk pada umumnya dilepaskan bersama buangan instalasi sekunder (Putra dkk., 2018)

Bentuk-bentuk penting fosfat dalam air limbah adalah pospor organik, polyphosfat dan orthophospat. Polifosfat banyak digunakan dalam pembuatan detergen sintetis. Komponen fosfat dipergunakan untuk membuat sabun sebagai pembentuk buih. Fosfat yang berada dalam air limbah dapat menghambat penguraian pada proses biologis (Putra dkk., 2018).

Senyawa fosfat terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme dalam air. Air limbah senyawa fosfat dapat berasal dari limbah penduduk, industri dan pertanian. Ortofosfat berasal dari bahan pupuk di daerah pertanian, masuk ke dalam sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Poliphosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan detergen mengandung fosfat seperti industri pencucian, industri logam dan sebagainya. Fosfat organik terdapat dalam air buangan penduduk dan sisa makanan. Fosfat organik dapat pula terjadi dari ortofosfat yang terlarut melalui

proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhannya. Berbagai macam jenis fosfat juga dipakai untuk pengolahan anti karat dan anti kerak pada pemanas air (*boiler*) (Alaerts dan Santika 1987).

Menurut Lawrence dkk., (2002) pembuangan limbah cair dengan kandungan fosfat yang tinggi ke dalam badan air dapat menyebabkan eutrofikasi, yaitu tumbuhnya lumut dan microalgae yang berlebihan dalam badan air yang menerima limbah tersebut. Air yang mengandung $P > 0.015$ mg/L yang tersedia secara biologi dapat menyebabkan eutrofikasi. Eutrofikasi dapat menyebabkan beberapa masalah penting dalam air. Peningkatan populasi tumbuhan dapat menyebabkan turunnya kandungan oksigen terlarut dalam air. Hal ini disebabkan karena menurunnya kadar sinar matahari yang masuk ke dalam perairan sehingga fotosintesis oleh tumbuhan air juga menurun dan lebih lanjut terjadi penurunan kadar oksigen hasil fotosintesis.

Penurunan kandungan oksigen juga disebabkan karena pada malam hari tumbuhan menggunakan oksigen dalam badan air, serta adanya tumbuhan yang mati dan dekomposisi oleh mikrobia. Kondisi tersebut menurunkan kualitas lingkungan sebagai habitat berbagai spesies ikan dan organisme lain. Eutrofikasi dapat meningkatkan turbiditas/kekeruhan dan warna pada badan air. Keadaan ini menjadikan air tidak sesuai untuk penggunaan domestik atau sulit untuk diperlakukan agar sesuai dengan standar untuk keperluan domestik (Khusnuryani, 2008).

Pertumbuhan alga juga dapat menimbulkan bau yang tidak diinginkan, sehingga menjadikan air juga tidak sesuai untuk keperluan domestik, apabila pertumbuhan tumbuhan air tersebut terus berlanjut, dan jika bersifat toksik, maka dapat menyebabkan kematian pada ikan dan organisme akuatik lainnya, serta organisme terrestrial yang menggunakan air dalam badan air. Dampak lain yang dapat ditimbulkan oleh adanya eutrofikasi adalah gangguan badan air akibat adanya makrofita yang mengapung dan sampah dari alga, yang dapat mengganggu penggunaan badan air sebagai tempat rekreasi atau kepentingan masyarakat (Khusnuryani, 2008).

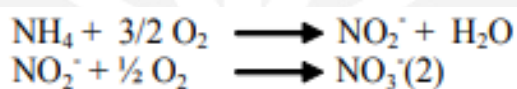
C. Kandungan Amoniak

Rumah sakit mempunyai kewajiban untuk mengolah limbah yang dihasilkan baik limbah padat maupun limbah cair, karena limbah cair pada rumah sakit tersebut banyak mengandung berbagai bahan kimia seperti bahan anorganik, organik serta bakteri. Karakteristik pada limbah cair terdiri dari fisika, kimia dan mikrobiologi yang masing-masing mempunyai kadar maksimum. Diantara unsur-unsur yang menjadi parameter kimia kualitas air limbah adalah amoniak (Alaerts dan Santika, 1987)

Amonia merupakan senyawa yang banyak terdapat di *sewage* (pembuangan kotoran), limbah domestik dan limbah cair dari berbagai industri. Konsentrasi amonia yang tinggi dapat menyebabkan eutrofikasi di perairan umum, seperti sungai dan danau. Proses oksidasi amonia yang memerlukan oksigen dalam jumlah besar dapat menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut di dalam perairan menjadi rendah, dan kondisi seperti ini sangat berbahaya bagi organisme akuatik. Oleh

karena itu proses degradasi senyawa nitrogen, utamanya amonia menjadi sangat penting dalam sistem pengolahan limbah cair.

Secara umum diyakini bahwa degradasi amonia secara biologi, melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi dilihat dari efisiensi degradasinya dianggap paling ekonomis. Namun demikian, bakteri nitrifikasi yang bersifat autotrofik sangat sensitif terhadap faktor lingkungan dan tumbuh sangat lambat sehingga populasinya di dalam lumpur aktif seringkali terkompetisi oleh mikroorganisme heterotrofik. Mikroba nitrifikasi pada umumnya bersifat autotrofik atau miksotrofik (Rao, 1994). Proses nitrifikasi terjadi dua tahapan reaksi, yaitu oksidasi amonium menjadi nitrit dan oksidasi nitrit menjadi nitrat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Menurut Rao (1994) amonium dapat diubah oleh *Pseudomonas* menjadi bentuk-bentuk nitrit atau nitrat dalam proses nitrifikasi. Nitrat kemudian akan segera direduksi menjadi amonia begitu berada dalam sel bakteri dan bergabung sebagai senyawa organik. Beberapa senyawa organik yang mampu dipecah oleh bakteri *Pseudomonas* seperti selulosa hemiselulosa, pati, protein, asam nukleat, kutin, lignin, pektin, inulin dan kitin.

Kandungan amoniak yang tinggi menyebabkan bau yang tidak enak, dapat menyebabkan pertumbuhan lumut dan mikroalga yang berlebihan disebut eutrofikasi, sehingga air menjadi keruh dan berbau karena pembusukan lumut-lumut yang mati. Pembuangan limbah yang banyak mengandung amoniak ke dalam

air juga dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam badan air penerima karena oksigen yang ada digunakan untuk nitrifikasi NH_3 . Akibat organisme badan air kekurangan oksigen dan akan mengalami kematian lebih lanjut dan akan terjadi proses anaerobik pada badan air (Alaerts dan Santika, 1987)

Zat amoniak dalam air akan bereaksi dengan kaporit atau asam hipoklorik dan membentuk monokloramin, dikloramin atau trikloramin tergantung pH perbandingan konsentrasi pereaksi dan suhu, kadar NH_3 yang tinggi menyebabkan bau yang tidak enak. NH_3 dapat dihilangkan sebagai gas melalui aerasi atau reaksi dengan kaporit, hingga menjadi kloramin yang tidak berbahaya atau sampai menjadi N_2 . Dampak negatif dari amoniak diantaranya, menyebabkan proses eutrofikasi dalam badan air penerima dan menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam badan air penerima karena oksigen yang ada digunakan untuk nitrifikasi NH_3 akibat organisme badan air kekurangan oksigen dan akan mengalami kematian lebih lanjut dan akan terjadi anaerobik dalam badan air air (Juniati, dkk., 2016).

D. Parameter Pendukung

Parameter yang menjadi pendukung dalam penelitian ini dan memberikan gambaran dari kualitas dari limbah cair rumah sakit, yakni :

1. TDS (*Total Dissolve Solid*) adalah ukuran zat terlarut (baik itu zat organik maupun anorganik, misalnya garam) yang terdapat pada sebuah larutan. TDS meter menggambarkan jumlah zat terlarut dalam *Part Per Million* (PPM) atau sama dengan milligram per Liter (mg/L). Secara umum berdasarkan definisi di atas seharusnya zat yang terlarut dalam air (larutan)

harus dapat melewati saringan yang berdiameter 2 micrometer (2×10^{-6} meter) (Insan, 2008).

2. TSS (*Total Suspended Solid*) adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas millipore berporipori 0,45 μm . Materi yang tersuspensi mempunyai dampak buruk terhadap kualitas air karena mengurangi penetrasi matahari ke dalam badan air, kekeruhan air meningkat yang menyebabkan gangguan pertumbuhan bagi organisme produser (Agustira, 2013)
3. BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umaly dan Cuvin, 1988). Menurut Romayanto, dkk (2016) semakin tinggi nilai BOD menunjukkan tingginya jumlah bahan organik dan mutu air makin rendah. Kebutuhan oksigen pada bakteri tertentu mencerminkan mekanisme yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energinya.

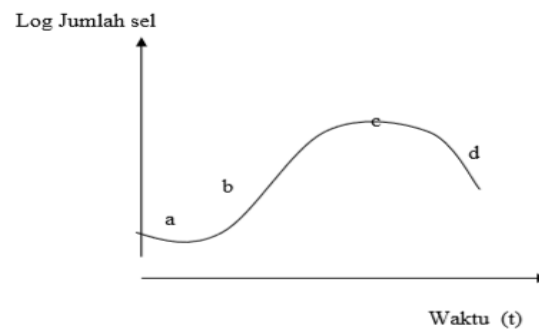
E. Bakteri

Bakteri merupakan mikroba uniseluler yang memiliki morfologi dan pertumbuhan beragam. Kemurniaan bakteri uji dilakukan dengan mengamati morfologi dan pertumbuhan koloni. Pengamatan yang dilakukan meliputi bentuk koloni (*whole colony*), bentuk tepi (*edge*), warna (*colour*), dan bentuk permukaan (*elevation*) (Mutmainnah dkk., 2008).

Bakteri tersebar luas di alam, di dalam tanah, di dalam air, pada sumber air panas, dalam tubuh hewan, manusia dan tumbuhan. Bakteri umumnya berukuran kecil dan beberapa kelompok memiliki flagella dan dapat bergerak aktif. Ukuran aktual tergantung dari laju pertumbuhan, media tumbuh dan sebagainya. Ada tiga bentuk dasar bakteri, yaitu bentuk bulat atau kokus, bentuk batang silindris, bentuk lengkung atau vibri. Bentuk bakteri dipengaruhi oleh umur dan syarat pertumbuhan tertentu (Hidayat dkk., 2006).

Bakteri memiliki peran yang penting di alam sehingga penting bagi kehidupan. Peran bakteri diantaranya ialah mendaur-ulangkan *nutrient* di biosfer sehingga berguna bagi jasad lain (Suharni dkk, 2008). Menurut Suriawira (1986), pertumbuhan bakteri dapat ditinjau dari dua segi yaitu pertumbuhan sel dan pertumbuhan populasi. Pertumbuhan sel yaitu penambahan volume sel serta bagian – bagian lainnya atau penambahan kuantitas isi dan kandungan di dalam selnya. Pertumbuhan populasi yaitu pertumbuhan individu, misal dari satu sel menjadi dua, dari dua menjadi empat, dan seterusnya hingga menjadi banyak (Suriawira, 1986).

Pertumbuhan populasi sel bakteri biasanya mengikuti suatu pola pertumbuhan tertentu berupa kurva pertumbuhan sigmoid. Perubahan kemiringan pada kurva tersebut menunjukkan transisi dari satu fase perkembangan ke fase lainnya. Fase-fase pada kurva pertumbuhan bakteri mencerminkan keadaan bakteri dalam kultur pada waktu tertentu. Setiap fase terdapat suatu periode peralihan dimana waktu dapat berlalu sebelum semua sel memasuki fase yang baru. Pertumbuhan mikrobial di dalam kultur statis di gambarkan sebagai suatu kurva pada Gambar 1 (Brock dan Madigan, 1991).



Gambar 1. Kurva Pertumbuhan Bakteri, menunjukkan empat fase pertumbuhan:
A : fase lag; b : fase eksponensial; c : fase stasioner dan d : fase kematian populasi
(Brock dan Madigan, 1991)

a. Fase Lag

Fase dimana setelah inokulasi, terjadi peningkatan ukuran sel, mulai pada waktu sel tidak atau sedikit mengalami pembelahan. Fase ini, ditandai dengan peningkatan komponen makromolekul, aktivitas metabolik, dan kerentanan terhadap zat kimia dan faktor fisik. Fase lag merupakan suatu periode penyesuaian yang sangat penting untuk penambahan metabolit pada kelompok sel, menuju tingkat yang setaraf dengan sintesis sel maksimum.

b. Fase Log/Pertumbuhan Eksponensial

Fase eksponensial atau logaritmik, menunjukkan sel berada dalam keadaan pertumbuhan yang seimbang. Masa dan volume sel meningkat oleh faktor yang sama dalam arti rata-rata komposisi sel dan konsentrasi relatif metabolit tetap konstan. Pertumbuhan seimbang, kecepatan peningkatan dapat diekspresikan dengan fungsi eksponensial alami terjadi pada periode ini. Sel membelah dengan kecepatan konstan yang ditentukan oleh sifat intrinsik bakteri dan

kondisi lingkungan. Hal ini menunjukkan terdapat keragaman kecepatan pertumbuhan berbagai mikroorganisme.

c. Fase Stasioner

Jumlah sel yang hidup tetap konstan untuk periode yang berbeda, bergantung pada bakteri, tetapi akhirnya menuju periode penurunan populasi selama fase ini. Sel yang terdapat dalam suatu biakan yang populasi selnya tidak tumbuh dapat memanjang, membengkok secara abnormal, atau mengalami penyimpangan, suatu manifestasi pertumbuhan yang tidak seimbang.

d. Fase Penurunan Populasi atau Fase Kematian

Populasi bakteri akan menurun jumlahnya pada saat medium kehabisan nutrisi. Jumlah sel yang mati lebih banyak daripada sel yang hidup.

Menurut Suharni dkk, (2008), pertumbuhan mikrobial memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai. Ada 4 parameter lingkungan utama yang perlu diperhatikan dalam menumbuhkan mikrobial, yaitu suhu, kondisi atmosfer, pH dan tekanan osmosis.

a. Suhu

Berdasarkan suhu pertumbuhan yang dibutuhkan, mikrobial ada yang bersifat mesofil, termofil, dan psikrofil. Mikrobial mesofilik tumbuh baik pada kisaran temperatur antara 20-45° C, dan mikrobial psikrofilik tumbuh baik pada kisaran temperatur antara 0-20°C (Suharni dkk, 2008).

b. Kondisi Atmosfer

Mikrobia aerob diperlukan oksigen bebas tetapi bagi mikrobia anerob justru oksigen sangat beracun. Oleh karena itu untuk menumbuhkan mikrobia anaerobik diperlukan keadaan yang anaerob. (Suharni dkk, 2008).

c. pH

pH sangat mempengaruhi pertumbuhan mikrobia karena nilai pH sangat menentukan aktivitas enzim. Perubahan pH medium dapat menyebabkan pertumbuhan mikrobia sehingga tidak sesuai untuk pertumbuhannya. Oleh karena itu, perlu diberikan buffer di dalam medium untuk mencegah perubahan pH (Suharni dkk, 2008).

d. Tekanan Osmosis

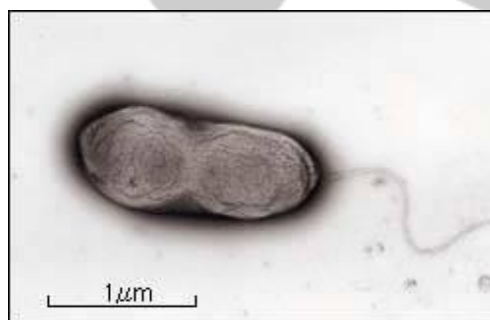
Tekanan osmosis ialah besarnya tekanan minimum yang diperlukan untuk mencegah aliran air menyeberangi membran di dalam larutan. Berdasarkan tekanan osmosisnya maka larutan tempat pertumbuhan mikrobia dapat digolongkan atas larutan hipotonis, isotonis dan larutan hipertonis. Mikrobia biasanya hidup di lingkungan yang bersifat agak hipotonis sehingga air akan mengalir dari lingkungan ke dalam sel sehingga sel menjadi mengembang dan kaku. Adanya dinding sel dapat mencegah pecahnya sel mikrobia (Suharni dkk, 2008).

F. Bakteri *Pseudomonas putida*

Bakteri *P. putida* termasuk ke dalam genus *Pseudomonas* yang berbentuk lengkung, batang atau ramping, berukuran $(0.5-1) \times (1.5-5.0) \mu\text{m}$ dan bergerak dengan satu atau beberapa flagellum polar, respirasi dengan oksigen, tumbuh pada kondisi dengan kelembaban tinggi dan kaya bahan organik, terutama pada rizosfer dan rizoplan sangat disukainya (Mzoughi dkk., 2004).

Pseudomonas putida merupakan bakteri gram negatif yang tumbuh optimal pada suhu ruang dan bersifat aerob. Bakteri *P. putida* adalah bakteri saprofit yang dapat ditemukan di air dan di tanah. Bakteri ini memegang peranan penting pada proses dekomposisi, biodegradasi siklus karbon dan nitrogen. Penggunaan *P. putida* lebih aman karena tidak bersifat patogen pada manusia dan tanaman serta tidak berbahaya seperti *Pseudomonas aeruginosa* yang bersifat patogen pada manusia (Budihartono dkk, 2009). Panjang gelombang optimum yang digunakan untuk bakteri *Pseudomonas putida* adalah 600nm (Sugiarti dkk., 2013).

Morfologi bakteri dari *P. putida* dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut,



Gambar 2. *Pseudomonas. putida* (Mzoughi dkk., 2004)

Tingkatan takson pada *Pseudomonas putida* (Cornelis, 2008)

Kingdom : Bakteri
 Filum : Proteobacteria
 Kelas : Gamma Proteobacteria
 Ordo : Pseudomonadaceae
 Famili : Pseudomonadaceae
 Genus : *Pseudomonas*
 Spesies : *Pseudomonas putida*

Bakteri *Pseudomonas* sp. mampu menghasilkan bermacam-macam metabolit sekunder seperti antibiotik, HCN dan kompetisi pemanfaatan Fe (III) melalui produksi siderofor yang dapat menekan pertumbuhan patogen secara alami. *P. putida* juga menghasilkan asam-asam organik seperti asam oksalat (Premono, 1994) yang dapat mengikat unsur P sehingga dapat meningkatkan serapan fosfat oleh tanaman. Bakteri ini juga menghasilkan antibiotik seperti *phenazines*, *pyrolnitrin*, *pyocyanin* dan *phloroglucionol* dan enzim ekstraselluler serta asam pseudomonat (Soesanto, 2008).

G. Arang Kayu Sebagai Media Pelekatan

Menurut Sitanggang (2008) arang kayu dapat digunakan untuk pengolahan air limbah yang biasanya berfungsi sebagai pengolahan sekunder dari pengolahan biologis. Arang kayu digunakan untuk mengurangi kadar bahan-bahan organik terlarut yang ada. Pori-pori arang kayu menyerap benda-benda partikel, proses ini biasanya digunakan untuk melengkapi proses pengolahan limbah industri secara biologis.

Arang kayu dapat menurunkan kadar TSS dan BOD serta mereduksi air limbah dengan kapasitas dan daya serap yang besar. Pengolahan air limbah menggunakan arang merupakan pengolahan yang relatif murah dan dapat

menghilangkan partikel koloid. TSS terperangkap dalam pori-pori adsorben dan mengakibatkan adsorben menjadi jenuh. Penurunan kadar BOD pada arang dikarenakan permukaan arang mampu mengadsorpsi bahan organik (Alimsyah dan Damayanti, 2013).

Arang kayu berasal dari sisa-sisa kayu yang dibakar secara sempurna. Arang merupakan hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon yang berbentuk padat dan berpori. Sebagian besar porinya tertutup oleh hidrogen, dan senyawa organik lain yang komponennya terdiri dari abu, air, nitrogen, dan sulfur (Iskandar dan Santosa 2005)

Menurut dalam Sitanggang (2008) arang kayu digunakan sebagai medium pertumbuhan lekat, medium lekat adalah tempat bakteri melekat untuk memakan bahan-bahan organik yang melekat pada arang kayu dan bahan organik yang tidak melekat diuraikan bakteri di dalam limbah. Arang kayu sebagai medium pertumbuhan pernah dilakukan untuk menurunkan zat warna dan deterjen dari limbah industri tekstil.

H. Hipotesis

1. *P. putida* sebanyak 5 tabung reaksi yang paling baik dalam menurunkan kadar fosfat dan amonia dalam limbah cair rumah sakit serta persentase penurunan kandungan fosfat dan amonia yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit oleh *P. putida* lebih besar dari 70%