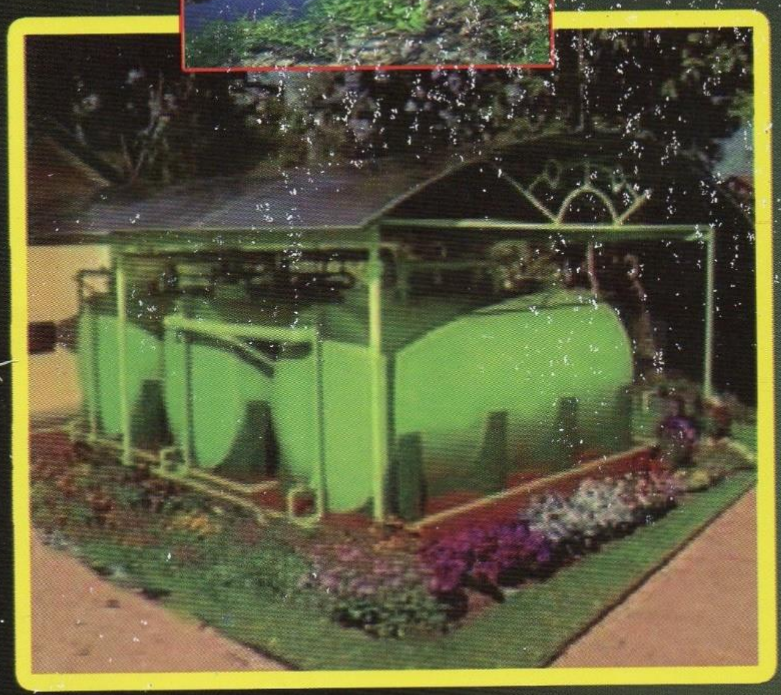
Edisi: 1

PENANGANAN LIMBAH CAIR

Oleh: Dr. Ir. Ketut Irianto, M.Si.



UNIVERSITAS WARMADEWA
DENPASAR

KATALOG DALAM TERBITAN

PENANGANAN LIMBAH CAIR

UNIVERSITAS WARMADEWA DENPASAR 2016

102 hlm ; 15 X 22cm

ISBN : 978-602-1672-62-4

PENANGANAN LIMBAH CAIR

Editor:

Dr. Dra Ni Nyoman Aryaningsih, MM

Penerbit :
PT. Percetakan Bali, Jl. Gajah Mada I/1 Denpasar 80112,
Telp. (0361) 234723, 235211

Dicetak di
PT. Percetakan Bali, Jl. Gajah Mada I/1 Denpasar 80112,
Telp. (0361) 234723, 235211
NPWP : 01.126.360.5-904.0000, Tanggal Pengukuhan DKP : 01 Juli 2006.

BAB. I

AIR DAN MANUSIA

1. 1 Air

Air adalah salah satu dari sekian banyak sumber daya alam yang sangat di butuhkan bagi kehidupan mahkluk hidup. Air membantu aktivitas kehidupan bagi semua mahluk hidup terutama manusia. Tidak hanya manusia saja yang membutuhkan air tetapi dari unsur tumbuhan, hewan maupun tanah itu sangat membutuhkan air dalam kehidupannya. Misalnya tumbuhan memerlukan air untuk tetap tumbuh, seperti halnya manusia, hewan pun memerlukan air untuk tetap tumbuh. Air merupakan suatu senyawa kimia H_2O yang sangat istimewa, yang dalam kandungannya terdiri dari senyawa Hidrogen (H_2), dan senyawa Oksigen (O_2).

Kedua senyawa yang membentuk air ini merupakan komponen pokok dan mendasar dalam memenuhi kebutuhan seluruh makhluk hidup di bumi selain matahari yang merupakan sumber energi. Seperti yang kita ketahui air merupakan hal yang sangat penting, karena segala makhluk hidup di dunia tidak dapat hidup tanpa air. Bahkan di dalam tubuh kita terdiri dari 55% sampai 78% air (tergantung pada ukuran badan). Komposisi air dalam organ tubuh kita yaitu; 83% darah terdiri dari air, 75% otot manusia terdiri dari air, 74% otak manusia terdiri dari air, 22% bagian tulang pun terdiri atas air/cairan.

Permukaan bumi pada dasarnya terdiri dari 71% merupakan air, makanya ketika kita melihat bumi dari luar angkasa, bumi terlihat berwana biru. 96% air di bumi ini bersifat asinsebagai air laut, sedangkan sisanya sekitar 4% yang bersifat tawar. Kurang dari 3% berwujud salju dan es, sedangkan 1% lainnya sebagai besar air tanah, dan sisanya kurang dari 0,1% sebagai air permukaan (sungai dan danau), serta berada di biosfer dan atmosfer.

1.2 Fungsi Air dalam Kehidupan

Fungsi air dalam kehidupan kita tidak hanya memenuhi kebutuhan secara fisik (yang dibutuhkan tubuh manusia), tetapi juga berperan sebagai pemenuh kegiatan manusia sehari-hari. Baik digunakan untuk mencuci pakaian, mandi, dan memenuhi kebutuhan manusia lainnya. Bahkan makhluk hidup lain yang berupa binatang, dan tumbuhan mengkonsumsi air sebagai pemenuh kebutuhannya.

Sekilas mengenai pengertian air, dan persentasi air dalam tubuh serta bumi, kita tahu begitu penting peranan air bagi makhluk hidup. Jadi bagaimanakah sikap manusia dalam menjaga sumber daya ini, dan bagaimana wujud manusia berperan aktif dalam melakukan konservasi sumber daya air, sehingga air dapat secara mudah memenuhi kebutuhan hidup seluruh makhluk hidup.Seperti yang kita ketahui, berbagai kegiatan yang dilakukan oleh manusia menyebabkan polusi air.

Penyebab utamanya adalah pencemaran air melalui limbah pabrik, dan limbah rumah tangga yang berupa zat kimia dari diterjen yang digunakan sehari-hari, serta zat-zat kimiayang dihasilkan dari kegiatan manusia lainnya. Hal ini tentu memberi dampak negatif terhadap lingkungan, bahkan pencemaran air tersebut dapat membunuh makhluk yang disekitarnya. Kendala kita sekarang adalah sulitnya untuk memperoleh air bersih.

Keadaan ini tentunya sangat memprihatinkan, karena kebutuhan akan air bersih adalah prioritas utama bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Dalam kondisi tersebut, tentunya perlu pengawasan dari pihak – pihak yang berkaitan,dan peran aktif dari kita untuk menangani masalah yang terjadi ini. Hal yang dapat kita lakukan adalah melakukan konservasi sumber daya air. Konservasi sumber daya air adalah kegiatan yang dilakukan dengan tujuan untuk menggurangi penggunaan air bersih/segar, melalui suatu proses,dan tindakan sosial dalam rangka menanggulangi krisis air bersih/segar. Beberapa fungsi air meliputi:

a.Penyediaan air minum

b. Untuk keperluan pertanian dalam arti luas.

c. Untuk keperluan industri sebagai bahan baku.

d.Untuk sarana transportasi

Di Indonesia, penggolongan dan penentuan persyaratan penggunaan air serta pengawasannya dilakukan oleh Departemen Kesehatan. Semua fungsi air harus memenuhi persyaratan tertentu seperti:

a Persediaan harus baik dan aman, meliputi sumber air, cara perlakuan air dan cara penyaluran air.

b.Persyaratan bakteriologis harus aman, MPN Coliform tak lebih dari 1,0 dari tiap 100 ml contoh air.

c. Terpenuhinya persyaratan fisika dan kimia air.

1.3 Pencemaran Sumber Daya Air oleh Air Buangan.

Diperkirakan air merupakan pelabuhan akhir dari segala macam limbah seperti: limbah padat, limbah cair, limbah gas yang akhirnya larut dan tersuspensi atau membentuk koloid dalam air. Setidaknya senyawa-senyawa limbah tersebut bereaksi dan berubah menjadi senyawa lain dengan bantuan air atau bahkan terjadi didalam air. Hampir tidak ada kegiatan produksi yang tidak memerlukan air. Sudah sejak lama manusia menganggap dan mempergunakan badan air sebagai tempat sampah alam. Sikap ini memang tidak menimbulkan kerugian dimasa lampau, karena alam masih mampu memproses komponen bahan pencemar. Akan tetapi deengan semakin meningkatnya faktor pencemran dan sikap manusia tidak sadar akan lingkungan timbul berbagai masalah seperti: timbul berbagai penyakit, estitika lingkungan buruk, berbau, matinya vegetasi floran/ fauna. Kesadaran akan sikap salah mereka tergugah setelah timbul berbagai kasus yang fatal.Jatuhnya banyak korban akibat pencemaran berat menyadarkan manusia untukpeduli terhadap lingkungan. Terdapat perbedaan sudut pandang dan kepentingan antara para industriawan dan enviromentalist. Sikap benar para industriawan harus dipaksa dengan peraturan perundangan disertai pengawasan ketat dan sanksi yang memadai. Bersikap menghargai ekosistem ciptaan tuhan, berkomitmen menjaga sumber daya alam dan tanggung jawab sosial terhadap lingkungan merupakan kunci mengatasi permasalahan lingkungan.

BAB. II

LIMBAH CAIR

2.1 Gambaran Umum

Limbah cair adalah bahan sisa dari kegiatan perumahan maupun industri yang memakai bahan baku air dan mempunyai suatu karakteristik yang ditentukan oleh sifat fisik, kimia dan biologi limbah (Britton, 1994). Limbah cair atau dsebut air buangan dibedakan atas dua macam (1) Air buangan industri, adalah air buangan yang berasal dari industri sebagai akibat dari proses produksi. (2) Air buangan rumah tangga, adalah air buangan yang bukan berasal dari industri, melainkan berasal dari rumah ti nggal, kantor hotel, restoran, tempat ibadat, pasar, tempat hiburan, pertokoan, hotel, rumah sakit. Menurut N Makarin Didefinisikan sebagai suatu keadaan terjadinya penurunan kualitas lingkungan karena masuk atau dimasukkannya energi atau materi sampai pada tingkat tertentu sehingga air tersebut tidak lagi dapat dimanfaatkan sesuai tata gunanya.

Menurut Champman (1996) limbah yang dikeluarkan tergantung dari jenis kegiatan dan standar kualitas kehidupan. Hal ini terlihat pada Tabel 1. tentang keperluan air per orang per hari,

Tabel. 1

Penggunaan air per orang per hari

Penggunaan air	Air yang dipakai
Minum	2,0 liter
Masak, kebersihan dapur	14,5 liter
Mandi, kakus	20,0 liter
Cuci	13,0 liter
Air wudhu	15,0 liter
Air kebersihan rumah	32,0 liter
Air untuk tanaman	11,0 liter

Air untuk mencuci/laundry	22,5 liter
Air untuk keperluan lain	10,0 liter
Jumlah	150.0 liter

Sumber : PDAM Bali, 2005

Data hasil penelitian pencemaran dari proses kegiatan manusia di sebuah industri menunjukkan dari pembuangan limbah sebanyak satu juta liter (10^6 liter) dengan nilai BOD_5 = 2000 mg/l. Seorang manusia membuang limbah diperkirakan 180 liter per hari dengan BOD_5 = 300 mg/l. maka :

Setiap hari seorang menghasilkan BOD = 300 x 180 mg

Industri sehari = 10^6 x 2000 mg

Jadi : X (300 x 180) = 10^6 x 2000

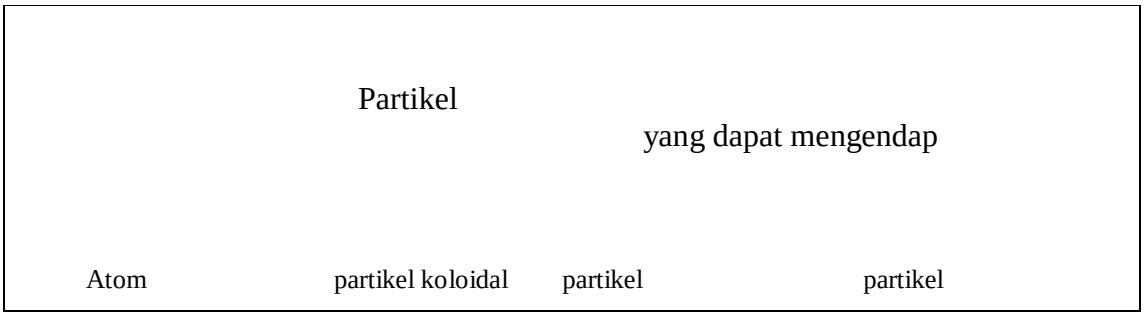
X (300 x 180) = 10^6 x 2000

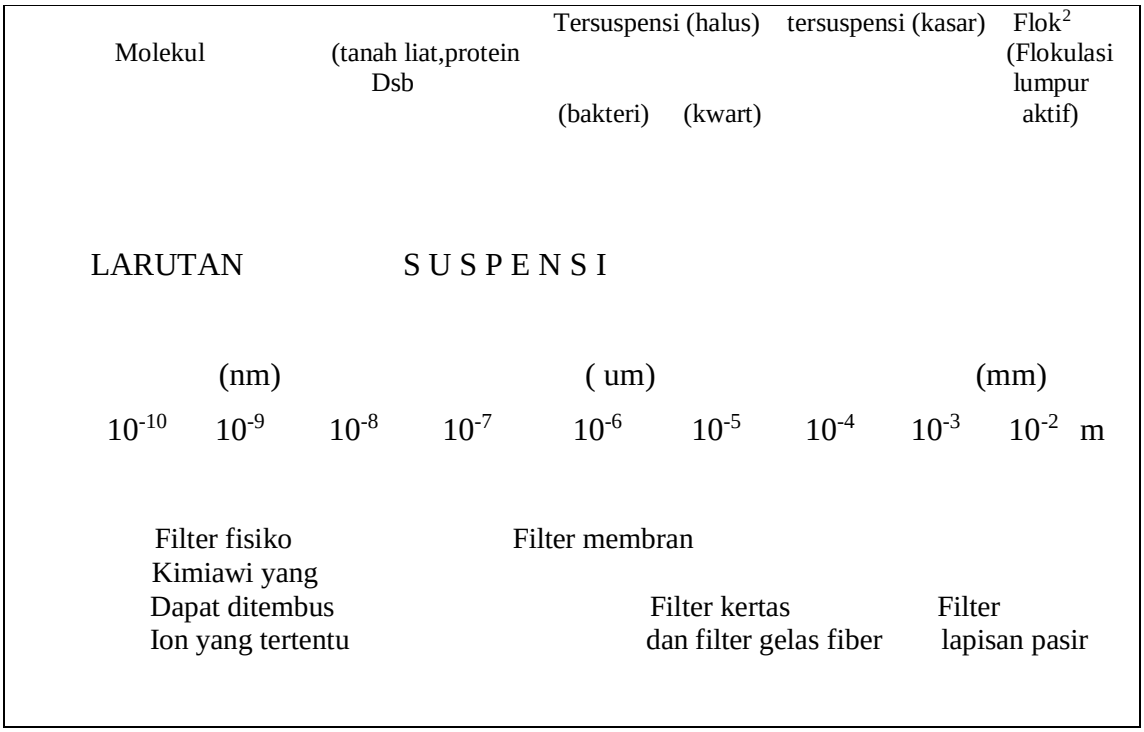
$$X = \frac{10^6 \times 2000}{54 \times 10^3} = \frac{1000 \times 2000}{54}$$

X = sekitar 40.000 orang

Jadi pencemaran suatu kegiatan indusri dengan jumlah kunjungan 40.000 orang (Duncan dan Sandy, 1994).

Dalam air limbah ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organik, zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, kwarts (Sugiharto, 1987 dan Fardiaz, 1992). Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini di tentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel tersebut yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.





Gambar. 1

Kelompok zat dalam air limbah.

Sumber : Alaert dan Santika (1987)

Kelompok zat tersebut berasal dari bahan buangan limbah cair seperti : Bahan buangan padat, bahan buangan cair, bahan buangan gas. Bahan buangan organik, bahan buangan anorganik, bahan buangan minyak, bahan buangan kimia.

2.2 Sifat Air Buangan

Sifat dan keadaan air buangan tergantung atas macam bahan yang tergantung didalamnya. Hal ini erat hubungannya dengan asal air buangan tersebut, yaitu kegiatan industrinya. Kandungan bahan pencemaran dalam air buangan umumnya menurunkan kualitas air, sehingga kemungkinan timbulnya gangguan dalam pemanfaatan kembali air buangan. Atau air buangan langsung dibuang ke badan air, kemungkinan dapat menimbulkan gangguan di sekitar daerah yang dilalui alirannya. Oleh karena itu air buangan tidak bisa langsung dimanfaatkan kembali

atau langsung dibuang kebadan air. Sifat dan keadaan air buangan dapat menimbulkan bahaya disebabkan karena satu atau beberapa hal seperti:

(1) Mengandung substansi peneyebab warna an kekeruhan.

(2)Mengandung banyak banhan organik, baik yang larut maupun tersuspensi.

(3) Adanya minyak atau bahan-bahan yang mengapung lainnya.

(4) Mwengandung substansi penyebab bau dan nrasa tidak disukai

(5) Mengandung logam-logam berat,sianida atau senyawa organik beracun lainnya.

(6) Mengandung garam dan senyawa –senyawa asam atau basa yang menyebabkan terjainya perbedaan pH yang besar dengan sekitarnya.

(7) Mengandung unsur N dan P dalam Kadar tinggi.

(8) Senyawa-aenyawa yansudah menguap penyebab bau dan korosi sepertt: H_2S, NH_3, HCL, SO_2,

(9) Mengandung baha-bahan radioaktif.

(10) Mengandung mikroorganisme patogen.

(11) Memiliki suhu tinggi.

2.3 komponen Bahan Buangan

2.3.1 Bahan buangan padat.

Bahan buangan padat yang dimaksud adalah bahan yang berbentuk padat, baik yang kasar (butiran besar) maupun yang halus butiran kecil. Apabila bahan buangan padat larut di dalam air, maka kepekatan air atau berat jenis cairan akan berbentuk halus sebagian ada yang

larut dan sebagian lagi tidak dapat larut akan terbentuk koloidal yang melayang dalam air (Chiras dan Daniel, 1995).

2.3.2 Bahan buangan organik

Bahan buangan organik pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme. Menurut Proowse (1996) bahan buangan organik akan dapat meningkatkan populasi mikroorganisme di dalam air sehingga memungkinkan untuk ikut berkembangnya bakteri patogen.

2.3.3 Bahan buangan anorganik.

Bahan buangan anorganik pada umumnya berupa limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Menurut Darmono (2001) menyatakan bahan buangan anorganik biasanya berasal dari industri yang melibatkan penggunaan unsur-unsur logam seperti Timbal (Pb) Arsen (Ar), Kadmium (Cd), Air raksa (Hg), Krom (Cr), Nikel (Ni), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Kobalt (Co). Menurut Ekhaese dan Omav woya (2008) kandungan ion Kalsium (Ca) dan ion Magnesium (Mg) dalam air menyebabkan air bersifat sadah dan akan menghambat proses degradasi. Kesadahan air yang tinggi dapat merugikan karena dapat merusak peralatan yang terbuat dari besi. (Efendi, 2003).

2.3.4 Bahan buangan olahan bahan makanan.

Air lingkungan yang mengandung bahan buangan olahan bahan makanan akan banyak mengandung mikroorganisme, termasuk di dalamnya bakteri pathogen (Barnum, 2005). Bahan buangan olahan bahan makanan mengandung protein gugus amin yang apabila di degradasi oleh mikroorganisme akan terurai menjadi senyawa yang mudah menguap dan berbau busuk (Diaz, 2008).

2.3.5 Bahan buangan cairan berminyak

Minyak tidak dapat larut di dalam air, melainkan akan mengapung di atas permukaan air. Bahan buangan cairan berminyak yang dibuang ke air lingkungan akan mengapung menutupi permukaan air (Martin, 2008). Menurut Fardias (1992) ada 2 jenis penyusutan luas permukaan tergantung pada jenis minyaknya dan waktu. Lapisan minyak di permukaan akan menghalangi difusi oksigen, menghalangi sinar matahari sehingga kandungan oksigen dalam air jadi semakin menurun.

2.1.6 Bahan buangan zat kimia

Bahan buangan zat kimia banyak ragamnya, tetapi yang dimaksud adalah bahan pencemar air yang berupa sabun (deterjen, sampo dan bahan pembersih lainnya), zat warna kimia dan bahan pemberantas hama (insektisida). Adanya bahan buangan zat kimia yang berupa sabun (deterjen, sampo dan bahan pembersih lainnya) yang berlebihan di dalam air ditandai dengan timbulnya buih-buih sabun pada permukaan air (Darmono, 2001). Sabun yang berasal dari asam lemak (stearat, palmitat, atau obat) yang direaksikan dengan basa Na (OH) atau K (OH), berdasarkan reaksi kimia berikut ini :

$C_{17}H_{35}COOH$ + Na(OH) → $C_{17}H_{25}COONa + H_2O$
Asam Stearat Basa Sabun

Gambar 2. Limbah cair industri

Deterjen dapat pula sebagai bahan pembersih seperti halnya sabun, akan tetapi dibuat dari senyawa petrokimia (Chang, 1995). Bahan deterjen yang umum digunakan adalah Dodecyl

Benzen Sulfonat. Bahan buangan berupa sabun dan deterjen di dalam air lingkungan dapat menaikkan pH lingkungan air (Saeni, 1989).

2.4 Bahaya Limbah Cair

Bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh air buangan sebenarnya sangat tergantung ata sifat dan keadaan air buangan tersebut , yang tergantung atas bahan pencemar yang terkandung didalamnnya. Namun pada prinsipnya, timbulnya bahaya ini dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu timbulnya bahaya langsung dan timbulnya bahaya tak langsung yang dapat mengakibatkan gangguan lingkungan di berbagai bidang, misalnya perikanan, pertanian, dan kesehatan.

Ganngguan langsung misalnya air buangan industri yang pH na terlalu rendah atau tinggi, dapat juga suhunya terlalu panas atau dingin, keadaan tersebut akan menyebabkan gangguan terhadap hewan dan tanaman atau menyebabkan perubahan sifat fisik dan kimia tanah didaerah buangan. Disamping itu senyawa beracun yang dikeluarkan oleh limbah industri dapat mengakibatkan kerusakan kehodupan hewan dan tanaman termasuk manusia. Beberapa contoh gangguan langsung oleh air buangan seperti; Air buangan sebuah pabrik asam nitrat yang tidak diberi perlakuan terlebih dahulu, ternyata masih mengandung asam organik cukup besar sehingga pH airbuangan rendah sekali , hal ini menimbulkan kerusakan hebat pada budidaya

perikanan dan pertanian. Air buangan dari pabrik-pabrik kimia yang dalam prosesnya menggunakan merkuri, ternyata masih mengandung senyawa merkuri tersebut . Secara akumulatif meracuni manusia melalui ikan yang dipanendariperairan tempat pembuangan air kotor dari pabrik tersebut. Kasus ini terjafi dijepang dan terkenal dengan naman penyakit minamata. Gangguan akibat tidak langsung pencenaran tidak segera berdampak, sehingga bahaya dan gangguan baru munsuk setelah keadaan menjadi parah, meledak dan luas. Lagi pula pemulihan suatu wilayah yang telah mengalami keruskan ekologi, sering kali tidak lagi memungkinkan un tuk diperbaiki. Kasus kerusakan ekologi di Indonesia kemungkinan cukup banyak akan tetapi sulit dideteksi secara tepat, kemungkinan alam masih mampu memproses pencemaran tersebut dengan cukup lama (evolusioner).

2.5. Parameter Pencemaran Limbah cair

Parameter sebagai sarana monitoring pencemaran sebenarnya tergantung atas macam bahan pencemar yang terkandung dalam air buangan. Disamping itu tergantung pula pemanfaatan kembali air buangan atau kemana air buangan tersebbut akan dibuang. Berbagai parameter pencemaran yang dapat dibuat, pada prinsipnya dapat digolongkan menjadi 4.

a. Parameter anorganik

Parameter keasaman dan alkanitas, kesadahan,logam-logam halogen, (berupa amonium, nitrit atau nitrat), sulfur (berupa sulfida, sulfit, sulfat, ataau tiosulfat) fosfat dan sianida. Penggunaanya dapat salah satu atau beberapa dari padanya tergantung industri asal tujuan pengawasannya.

b.Parameter organik

- Parameter BOD (Biochemical Oxygen Demand), yang menyatakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bahan pencemar untuk merombak semua bahan organik yang mudah tderombak oleh populasi mikroorganisme yang ada dalam air buanganitu sendiri. Teknik pengukurannya didasarkan atas perombakan (stabilisasi) selama 5haripada suhu 20^0C , disebut BOD_5. Selain BOD_5 ada pula BOD_2O_1 yang didsasarkan atas keperluan oksigen untuk stabilisasi selama 20 hari. BOD_5 lebih banyak dipergunakan karena lebih cepat, dan kebanyakan limbah organik akan stabil paa waktu tersebut, yang telah mencapai kira-kira 80% dari keseluruhan kebutuhan oksigen.
- Parameter COD (Chemical Oxygen Demand), yang menyatakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh senyawa organik yang dapat teroksidasi dengan oksidator kuat seperti dikhromatatau permanganat. CO amat penting karena dapat dikerjakan pengukurannya dalam waktu cepat, dan angkanya dapat memberikan gambaran akan kadar BOD. Pemeriksaan yang banyak dikerjakan ialah dengan oksidator dikhromat dan parameternya disebut COD.
- Parameter Theoretical Oxygen Demand (TOD). Menyatakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk merombak senyawa organik secara teoritis sempurna. Parameter jarang dipergunakan.

- Parameter biologi. Pencemaran biologi oleh mikrobia penyebab penyakit (patogen) biasanya dinyatakan dengan perkiraan jumlah terdekat bakteri coli.Kelompok bakteri coli dianggap mewakili mikroba patogen lainnya karena bakteri ini berasal dari usus (colon) dan mempunyai ketahanan hidup yang ckup lama dalam air. Mikroba patogen umumnya ditularkan bersama tinja,

yang berati sudah melalui usus. Sehingga bila angka perkiraan jumlah terdekat (MPN = Most Probable Numer) bakteri coli cukup tinggi,maka pantas dicurigai telah terjadi pencemaran oleh kotoran manusia atau binatang, dan kemungkinan besar tertulari pula mikrobia patogen.

- Parameter lain. Dikelompokkan dalam/ sebagai parameter organik/anorganik atau parameter biologi. Termasuk kelompok ini antara lain: radioaktivitas, warna, dan kekeruham, bau, rasa, pH,temperatur, total residu ppenguapan, daya hantar listrik, kadar bahan tersuspensi, kadar oksigen terlarut (DO)

2.6. Perhitungan Jumlah limbah cair masuk ke kolam penampungan

1. Perkiraan aliran air limbah

= Vol kolam / laju alir x 24 jam / hari

2. volume kolam aerasi

$$\text{Vol.} = \frac{Q \times Q_2 \times Y (S_2 - S)}{X \times (1 + kd.\, Qc)}$$

3. Total padatan inflfuen

BOD terlarut dalam efluen dihitung dari ketinggian air bersih + ketinggian pemadatan + ketinggian padatan lumpur

Ketinggian daerah air bersih umumnya 1,5 – 2,0 diambil 1,5 m. Diasumsikan pada kondisi normal lumpur yang tersimpan pada clarifier adalah 30% dari massa lumpur pada kolam aerasi.

4. Padatan tersuspensi influen

BOD yang larut dalam padatan yang diukur dalam kolam clarifier dan kolam sidementasi.

5. BOD influen

Lumpur yang kembali ke kolam aerasi dihitung berdasarkan konsentrasi MLSS dalam kolam aerasi dan TSS dalam lumpur balik.

MLSS (Q + Qr) = TSS dalam lumpur x Qr

6.Total padatan efluen

TSS dalam buangan lumpur = Pertambahan TSS – lumpur dalam effluent

7. Padatan tersuspensi efluen

Total masa padatan dalam kolam aerasi = MLSS x Vol efektif kolam

8. BOD efluen.

Total padatan dalam clarifier yang dibuang/dikembalikan ke kolam aerasi

9. MLSS

Total masa padatan dalam kolam aerasi

B. Perancangan Clarifier

Clarifier memiliki fungsi sebagai tangki pengendap yang akan memisahkan lumpur aktif dari kolam aerasi dengan cairan limbah yang telah diaolah. Sebagian lumpur yang terendapkan dikembalikan ke kolam aerasi, sedangkan airnya dialirkan melalui sistem overflow. Clarifier dirancang dalam bentuk tangki silinder dengan dasar kerucut.

Kriteria disain :

Aliran Limbah masuk clarifier = flow rate + aliran lumpur Balik

- **Perhitungan Area dan Diameter**

  A = Q.X / SF

  A = Luas clarifier (m^2)

  Q = Laju air (m^3/jam)

  X = MLSS (kg/m^2)

S SF= Nilai limit padatan diperoleh dari kurva (kg / m^2 jam)

- **Laju Over Flow Rata-rata**

  Q/A = 752,4 me/j / 1128,6 m2 = 0,666 m/jam = 15,9 m/hari

- **Perhitungan Kedalaman Clarifier**

Kedalaman cairan pada clarifier = ketinggian air bersih + ketinggian pemadatan + ketinggian padatan lumpur Ketinggian daerah air bersih umumnya 1,5 – 2,0 diambil 1,5 m.Diasumsikan pada kondisi normal lumpur yang tersimpan pada clarifier adalah 30% dari massa lumpur pada kolam aerasi.

Konsentrasi lumpur rata-rata dalam clarifier adalah:

= (10.000 + 3.000)/2 = 6500 mg/l

Total massa padatan dalam kolam aerasi adalah

MLSS x vol efektif kolam = 3000 gr/m^1 x 6517,5 m^3 = 19552500 g = 19552,5 kg

Total massa padatan dalam clarifier = 0,3 x 19552,5 = 5865,75 kg

Ketinggian daerah pemadatan = $\frac{\text{Total padatan dalam clarifier}}{\text{Konsentrasi rata-rata x area}}$

= 586,5750 g/ (6500 g/m^3 x 1128,6 m^2) = 0,799 m

Penambahan TSS = 2443814 g/hari = 2,443,814 kg/hari

Daerah padatan dirancang untuk menampung lumpur selama 2 hari.

TSS untuk 2 hari = 2 x 2443,814 = 4887,628 kg

Total padatan dalam clarifier = 5865,75 + 4887,628 = 10,753,378 kg

Kedalaman Clarifier untuk padatan

$$= \frac{10,753,378 \text{ kg}}{6,52 \text{ kg/m}^3 \times 1128,6 \text{ m}^2} = 1,46 \text{ m}$$

Total kedalaman Clarifier (ambil free board 0,4 m)

= 1,5 + 0,799 + 1,46 + 0,4 = 4,159 m

- **Perhitungan Power Aerator**

Kebutuhan Oksigen untuk aerasi secara teoritis :

$$O_2 \text{ Kg/h} = \frac{Ox (So – S) – 1,42 Px}{\text{BOD 5/BODI}}$$

Px = jumlah lumpur yang dibuang = 244381 g/hari

$$O2 = \frac{15000 \text{ m}^3\text{/h } (500 – 17,7)}{0,7} – 1,42 \times 2443814 = 6864,78 \text{ kg/hari}$$

Berat Jenis udara = 1,2 kg/m^3

Kadar O2 dalam udara = 21%

Udara diperlukan secara teoritis = 32689,4 kg/hari

Untuk tipe surface aerator akan bisa menghasilkan oksigen 3,2 lb Udara (Hp.j)

= 1,44 kg/Hp.j = 34,56 kg/hp.h

Jumlah Udara (O2) yang harus disuplay = 6864,78 kg/h

Power yang diperlukan = 3264,78 kg/h/ 34,56 kg/hp.h = 945,8 HP = 727,5 KW

C. Perhitungan Kebutuhan Makanan Untuk Bakteri

Perbandingan dasar perhitnungan sebagai berikut:

BOD : N : P = 100: 25: 1

BOD : N : P = 500 ppm : 125 ppm : 5 ppm

Total kebutuhan N/hari = 15000 m3 / h x 25 mg /l x 1000 l / m^3 x 10,6 kg / mg

= 275 kg

Total kebutuhan Phospor/ hari = **55 kg.**

Sumber : Nugroho,1991; BPPT,1996; Kasmidjo, 1996; Petra Consolindo,2005

D. Perhitungan proses perlakuan teknologi biodetox:

$$T = \frac{8500\ m^3}{16.000\ M^3 / hari} \times 24 = \textbf{7 jam}$$

$$\text{Beban BOD} = \frac{16.000\ m^3 / hari \times 173\ mg/l}{8500\ m^3} = \textbf{590 g/m}^{3/}\textbf{ hari}$$

$$F/M = \frac{16.000\ m^3/ hari \times 173\ mg/l}{8500\ m^3 \times 2500\ mg/l} = \textbf{0,24 g/hari BOD/}\ g\ MLSS$$

$$\text{Efisiensi total padatan} = \frac{599-497}{599} \times 100 = \textbf{17\%}$$

$$\text{Efisiensi padatan tersuspensi} = \frac{100 - 22}{100} \times 100 = \textbf{78\%}$$

$$\text{Efisiensi BOD} = \frac{173 - 20}{173} \times 100 = \textbf{88\%}$$

$$\text{Padatan tersuspensi dalam efluen} = \frac{16.000\ m^3 / hari \times 20\ mg/l}{1000} = \textbf{640 kg/hari}$$

Padatan tersuspensi dalam sludge yang dibuang :

$$\frac{200\ m^3/ hari \times 9800\ mg/l}{1000} = \textbf{1960 kg /hari}$$

$$\text{Umur sludge} = \frac{8500\ m^3 \times 2500\ mg/l}{100\ (640\ kg/hari + 1960\ kg/hari)} = \textbf{8,2 hari}$$

Kecepatan resirkulasi sludge = $\frac{10.000\ m^3/hari}{16.000\ m^3/\ hari}$ x 100 = **35%**

BAB III

KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR

Karakteristik limbah cair berhubungan erat dengan sifat fisik, kimia dan biologi air. Sifat fisik, kimia dan biologi air limbah dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan dalam suatu kegiatan (Efendi, 2003). Limbah cair adalah jenis limbah cair domestik yang bersumber dari unit kegiatan pelayanan, tindakan, berbagai fasilitas sosial serta komersial yang mengandung senvawa polutan organik yang cukup tinggi (Chitnis, 2005). Salah satu contoh karakteristik air limbah domestik rumah sakit hasil olahan dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel. 2
Karakteristik limbah cair

No	Parameter	Konsentrasi
1.	BOD – mg/l	27.61-19.59
2.	COD – mg/l	158.68-591.24
3.	Kalium permanganat (KH_nO_4) – mg/l	64.6-256.49
4.	Ammoniak (NH_3) – mg/l	12.5-6362
5.	Nitrit (NO_2) – mg/l	0.017-0.031
6.	Nitrat (NO_2) – mg/l	3.27-27.65
7.	Chlorida (Cl) mg/l	32.52-57.94
8.	Sulfat (SO_2) – mg/l	64.04-144.99
9.	pH	9.06-6.99
10.	Zat padat tersuspensi (TSS) – mg/l	17-239.5
11.	Deterjen (MBAS) – mg/l	0.18-29.99
12.	Minyak/lemak – mg/l	0.8-12.7
13.	Cadmium (Cd) – mg/l	MI
14.	Timbal (Pb)	MI-0.01
15.	Tembaga (Cu) – mg/l	MI
16.	Besi (Fe) – mg/l	0.29-1.15
17.	Warna – (Skala Pt – Co)	40-500
18.	Phenol – mg / l	0.11-1.84

Sumber : Data Rumah Sakit Sanglah, 2010

Parameter BOD, COD, TSS menunjukkan pencemaran oleh bahan buangan organik dan zat padat yang bersumber dari kegiatan pelayanan dan tindakan. Parameter amonia (NH_3), nitrat (NO_2), nitrit (NO) menunjukkan pencemaran yang bersumber dari kegiatan dapur berupa bahan buangan pangan

(Askarian, 2004). Parameter Chlorida (Cl), sulfat (SO_4) menunjukkan pencemaran oleh bahan detergen dan zat kimia yang bersumber dari laundry, kamar mandi, ruang bedah, kamar mayat dan laboratorium (Almuneef dan Memish, 2003). Parameter cadmium (Cd), besi (Fe), timbal (Pb), tembaga (Cu) kalium permanganat KH_2O_4 menunjukkan pencemaran yang bersumber dari ruang laboratorium, ruang operasi, ruang rongxen, ruang kedokteran gigi (Emmanuel *et al.,* 2001). Parameter pH, suhu, warna menunjukkan perubahan fisik limbah akibat tingkat pencemaran (Fardiaz, 1993).

Tingginya nilai parameter Chlorida (Cl) dan Sulfat (SO_2) menunjukkan pencemaran oleh bahan organik berupa protein dan deterjen (Kumar *et Al.,* 2006). Adanya unsur Chlorida menunjukkan telah dilakukan perlakuan kimia berupa klorinasi, desinfektan untuk membunuh mikroorganisme pathogen dan permbersih (Giyatmi, 2003)). Parameter TSS (*total suspended solid)* menunjukkan limbah cair mengandung karbohidrat yang bersumber dari sisa tanaman dan sisa hewan yang telah mengalami proses degradasi oleh mikroorganisme. Hal ini sesuai pendapat Kumar *et al.,* (2006) menyatakan limbah cair mengandung bahan organik berupa protein 65%, karbohidrat 25%, lemak dan beberapa mineral organik dan anorganik serta logam. Limbah cair domestik menyebakan perubahan fisik seperti: pH, suhu, warna dan kekeruhan. Komponen limbah cair terdiri dari padatan tersuspensi, padatan terlarut, koloidal dan efluen (cairan). Limbah cair juga mengandung minyak, lemak, logam berat, garam, senyawa senyawa asam atau basa, mengandung unsur N dan P dalam kadar tinggi serta senyawa mudah menguap seperti: H_2S, NH_3, HCL, SO_2, bahan radioaktif, mikroorganisme pathogen (Emmanuel, *et al.,* 2002). Limbah hasil dari kegiatan dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.

Gambar 2.3

Limbah cair domestik

3.1 Sifat Fisik Limbah Cair

Air sebagai zat, tidak berbau, tak berwarna, tanpa rasa. Air merupakan senyawa yang sangat mantap, pelarut yang mengagumkan serta sumber kimia yang sangat kuat (Kienholz *et al.*, 2000). Air memuai bila membeku menjadi zat padat, dalam suatu kegiatan seringkali suatu proses disertai dengan timbulnya panas reaksi atau panas dari zat kimia terlarut, semakin tinggi kenaikan suhu air semakin sedikit oksigen yang terlarut didalamnya (Martin, 2000).

Bau yang berasal dari dalam air dapat langsung berasal dari bahan-bahan buangan atau air limbah dari kegiatan industri atau dapat pula berasal dari hasil degradasi bahan buangan oleh mikroba yang hidup di dalam air (Diaz, 2008). Mikroba di dalam air akan mengubah bahan buangan organik terutama gugus protein secara degradasi menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau (Hendrickey *et at.*, 2005). Menurut Rao dan Mamata (2004), air normal yang dapat digunakan untuk kehidupan umumnya tidak berbau, tidak berwarna dan berasa, selanjutnya dikatakan adanya rasa pada air pada umumnya diikuti dengan perubahan pH air.

Pembentukan koloidal terjadi karena bahan buangan padat yang berbentuk halus (butiran kecil), sebagian ada yang larut dan sebagian lagi tidak dapat larut dan tidak dapat mengendap, koloidal ini melayang di dalam air sehingga air menjadi keruh (Fairchild *et al.,* 2000). Padatan tersuspensi total keberadaannya dipengaruhi oleh jumlah dan jenis limbah yang rnasuk ke dalam suatu perairan (Rao dan Mamata, 2004).

3.2 Sifat Kimia Limbah Cair

Sebuah melekul air terdiri atas satu atom oksigen yang berikatan kovalen dengan dua atom hidrogen, gabungan dua atom hidrogen dengan satu atom oksigen yang membentuk air (H_2O) ini merupakan melekul yang sangat kokoh dan untuk menguraikan air diperlukan jumlah energi yang besar, jumlah yang sama juga dilepaskan dalam pembentuknya (Mesdaghinia *et al.,* 2009).

Salinitas merupakan gambaran jumlah kelarutan garam dan kosentrasi ion-ion dalam air, salinitas juga berpengaruh terhadap derajat kelarutan senyawa-senyawa tertentu (Pusstan, 2003). Secara langsung organisme perairan membutuhkan kondisi air dengan tingkat kemasaman tertentu (Rukaesih, 2004). Air dengan pH yang terlalu tinggi atau terlampau rendah dapat mematikan organisme, demikian pula halnya dengan perubahanya, umumnya organisme perairan dapat hidup pada kisaran pH antara 6,7 dan 8,5. Penambahan suatu senyawa ke perairan kendalanya telah menyebabkan perubahan pH menjadi lebih kecil dari 6,7 atau lebih besar dari 8,5.

Konsentrasi oksigen terlarut DO (*disolved oksigen*) merupakan parameter penting yang harus diukur untuk mengetahui kualitas perairan. Organisme perairan tidak selalu nyaman hidup pada air dengan kandungan oksigen tinggi. Air dengan oksigen terlalu tinggi 200% jenuh berakibat dapat membahayakan organisme (Touray, 2008). Tingkat kejenuhan tersebut

ditentukan oleh suhu air dari salinitas air, makin tinggi suhu air maka kapasitas kejenuhan oksigen makin besar, sebaliknya makin tinggi salinitas kapasitas kejenuhan oksigen di air semakin menurun (Saeni, 1989).

BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan organik buangan dalam air (Darmono, 2001). Di dalam air terdapat banyak senyawa organik (asam lemak, cellulosa, asam organik, lemak dan protein) dan organik terlarut (logam berat, amoniak, nitrit) serta mikroorganisme yang berpotensi mengkonsumsi oksigen (Sugiharto, 1987). Semakin besar BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air limbah semakin besar. Proses penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikro organisme atau oleh bakteri aerobik adalah sebagai berikut :

$$C_nH_aO_bH_c + (n + a/4 - b/2 - 3c/4)\ O_2 \rightarrow nCO_2 + (a/2 - 3c/2)\ H_2O + CNH_3$$

bahan organik Oksigen

Kebutuhan oksigen kimiawi COD (*Chemical* Oxygen *Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik didalam air secara kimiawi (Sarafraz *et al*, 2007). Nilai COD merupakan ukuran dan pencemaran air oleh bahan-bahan organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses kimia dan mikro biologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen telarut dalam air. Uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dari uji BOD karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD (Kasmidjo, 1996).

Pengukuran COD berpedoman pada prinsip bahwa semua bahan organik dapat dioksidasi secara sempurna menjadi CO_2 dan H_2O dengan bantuan oksidasi kuat dalam kadar asam. Menurut Mcleod dan Eltis (2008) bahan buangan organik akan dioksidasi oleh Kalium bichromat menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion Chrom. Kalium bichromat atau $K_2Cr_2O_7$

digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*), selanjutnya dikatakan oksidasi terhadap bahan buangan organik akan mengikuti reaksi berikut ini :

$$CaHbOc + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \xrightarrow[\text{Pekat}]{} CO_2 + H_2O + Cr^{3+}$$

Nitrogen berperan kuat dalam reaksi-reaksi biologi perairan, untuk menunjukkan tingkat kesuburan suatu perairan dapat dilihat dari kandungan nutrien seperti nitrogen, fosfat dan bahan-bahan organik (Meagler, 2000). Dalam kondisi aerob nitrogen dari urea diikat oleh mikroorganisme dan selanjutnya diubah menjadi nitrat. Sumber-sumber nitrogen dalam air dapat bermacam-macam meliputi hancuran bahan organik buangan domestik, limbah industri, limbah rumah sakit dan pupuk (Chitnis, 2003).

Unsur fosfor didalam perairan tersedia dalam bentuk fosfat organik. Ortofosfat adalah suatu bentuk lain senyawa fosfat organik (Rukaesih, 2004). Fosfor bersumber dari hanyutan pupuk limbah industry, hancuran bahan organik dan mineral-mineral fosfat, Fosfat dalam detergen memegang peranan penting di dalam kelebihan hara fosfor di dalam perairan, fosfat keadaan normal berluasan 0,001-1 mg/liter (Darmono, 2001).

Sulfida dalam jumlah yang berlebihan akan dapat menurunkan keasaman (pH) suatu perairan, sehingga dengan menurunnya pH akan mempengaruhi kehidupan organisme yang ada dalam air (Barek *et al., 199*8). Menurut Rukaesih (2004) amonia yang berlebihan dalam air akan menimbulkan penurunan kadar oksigen terlarut dan cenderung bersifat toksik sehingga secara tidak langsung akan mempengaruhi kehidupan dalam air.

Nitrit adalah merupakan senyawa yang bersifat toksik dalam air, akan tetapi sesungguhnya ini bersifat labil dan berubah menjadi nitrat bila ada oksigen dan akan menjadi amonia bila kadar oksigen yang terlarut mulai menurun (Heider dan Rabus, 2008).

Air tanah mengandung zat Besi (Fe) dan Mangan (Mn) cukup besar, adanya kandungan Besi dan Mangan dalam air menyebabkan warna air tersebut berubah manjadi kuning-coklat setelah beberapa saat kontak dengan udara (Winarno, 1996). Baik besi maupun mangan dalam air biasanya terlarut dalam bentuk senyawa atau garam bikarbonat, garam sulfat hidroksida dan juga dalam bentuk koloidal atau dalam bentuk gabungan senyawa anorganik (Rukaesih,.2004).

3.3 Sifat Biologi Limbah CairAir

Sebagai bioindikator merupakan kelompok atau komunikator organisme yang kehadirannya atau perilakunya di dalam air berkorelasi dengan kondisi lingkungan sehingga dapat digunakan sebagai petunjuk kualitas lingkungan perairan (lovley, 2003). Organisme yang tergolong sebagai indikator di antara ganggang, bakteri protozoa makrobentos dan ikan serta keberadaan coliform yang berlebihan dalam air adalah mengidentifikasikan adanya patogen dalam air (Fardiaz, 1993).

3.4 Kualitas Air.

Air yang seratus persen murni tidak akan dijumpai di alam. Uap air yang mengembun dan jatuh sebagai hujan maupun salju tel akan hilang ah menyerap senyawa debu , oksigen, CO, dan gas-gas lain dari atmosfir. Sedang air yang jatuh nditanah selalu kotor oleh lumpur dan bahan-bahan organik. Total solids air hujan yang ditampung di kota-kota industry lebih tinggi dibandingkan dengan kota-kota bukan industry. Kandungan unsure karbon organik 0,99 ppm, nitrogen organik 0,22 ppm, Amonia 0,50 ppm, nitrogen sebagai nitrat/nitrit 0,07 ppm, clorin 6,30 ppm, total solid 39,50 ppm.

Selain pengotor kimiawi diatas, air juga selalu terkotori oleh mikroorganisme. Air permukaan akan terbebani kotoran tersebut untuk waktu yang tak terbatas. Air tanah akan lebih bersih keadaaanya, mikroorganisme dan kotoran kotoran tersuspensi akan secara alamiah

tersaring oleh tanah pada waktu air hujan atau air permukaan merembes kelapisan bawah tanah, sedangkan bahan-bahan organik yang mungkin terlarut akan hilang akibat peristiwa kimiawi atau biologi, misalnya oleh tanaman. Namun air tanah tetap tak terhindarkan dari garam-garam yang larut. Jumlah dan sifatnya tergantung atas kondisi strata tanah yang dirembesi daqn dilalui selama perjalanannya di bawah tanah dan munculnya kembali ke atas permukaan

Pencemaran air dapat ditunjukkan oleh kualitas air seperti: perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi perairan. Parameter fisik, antara lain: suhu, warna, bau, kecerahan, kekeruhan, dan padatan tersuspensi total. Parameter kimiawi antara lain: salinitas, pH, oksigen terlarut, kebutuhan oksigen terlarut, kebutuhan oksigen kimiawi, nitrat, nitrit, amonia, ortofosfat dan karbon dioksida (Rukaesih, 2004). Parameter biologi meliputi : fecal colifom dan hewan makrobentos (Rao dan Mamatha, 2004)

BAB IV

PENANGANAN LIMBAH CAIR

5. 1 Konsep Dasar Pengolahan Limbah Cair

Jumlah limbah cair yang besar dan tingkat pencemaran tinggi harus melalui beberapa tahapan proses perlakuan fisik, kimia dan biologi secara terpadu. Air limbah untuk dapat memenuhi standar baku mutu cukup dilakukan dengan cara fisik, kimia ataupun biologi saja (Pauwels dan Verstraete, 2006). Giyatmi (2003) menyatakan jumlah limbah cair sekitar 1500–2000 meter kubik per hari dengan tingkat konsentrasi pencemaran 20-100 mg/l parameter BOD dan COD diperlukan suatu rangkaian proses dengan beberapa tahapan dan perlakuan fisik, kimia serta biologi secara terpadu seperti:

Perlakuan fisik, merupakan skrining atas dasar ukuran partikel untuk pemisahan bahan/partikel yang besar dengan alat penyaring, pengapungan untuk pemisahan partikel yang mengapung seperti lilin, lemak dan minyak, sedimentasi untuk partikel kecil yang berdensiti lebih besar (Pusstan, 2003).

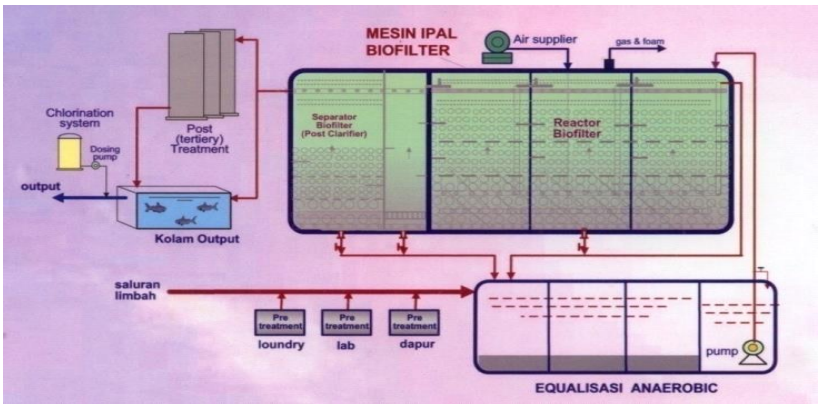
Perlakuan kimiawi, merupakan pemisahan partikel tersuspensi dan juga pengurangan fosfor dan besi dengan penambahan unsur kimia seperti kapur flokulan atau pengendap alumunium, bila bahan terlarut yang dipisahkan tergumpal akan mudah dipisahkan secara sedimentasi atau penyaringan (Giyatmi, 2003). Pemisahan kimiawi yang lain yaitu dengan perlakuan karbon aktif, dengan alat penukar ion ataupun dengan disinfeksi (Pauwels dan Verstraete, 2006).

Perlakuan biologi, merupakan didasarkan atas peran aktivitas mikroorganisme dengan menjaga lingkungan perairan terutama suhu, pH, salinitas dan pemberian nutrien. (Saeni, 1989).

Ada dua cara menangani limbah cair yaitu: (1) Pemberian perlakuan agar limbah dapat dimanfaatkan kembali " Reuse"sebagai bahan mentah baru, bahan bakar, makanan, dan pupuk. Penanganan dengan cara ini disebut juga sebagai pemanfaatan kembali limbah sebagai bahan baku.(2) Pemberian perlakuan terhadap limbah cair semata- mata dapat dibuang dalam keadaan bebas bahaya pencemaran, tanpa mengambil manfaat langsung dari padanya (kecuali manfaat tak langsung jangka panjang, berupa kelestarian lingkungan). Cara penanganan limbah cair yang relatif murah dan efisien yang kini banyak digunakan di negara industriialah proses biologi dengan bantuan lumpur akti " actitivited sludge" aktivitede sludge ialah kmpulan masa mikroba yang terdiri dari bakteri, yeast, funcgi,protozoa dan metazoa yang tercampur dengan lumpur dan bahan organik. Permukaan masa campuran ini memliki daya serap terhadap limbah, amat kuat. Selain dengan lumpur aktif, limbah cair biologi juga dapat diturunkan tingkat bahanya dengan sistem triking filter.

5.2 Proses pengolahan limbah cair .

Proses penanganan limbah cair dengan menggunakan sistem teknologi untuk menghasilkan karakteristik sebagai bahan baku pupuk seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4
Penanganan limbah cair dengan sistem teknologi

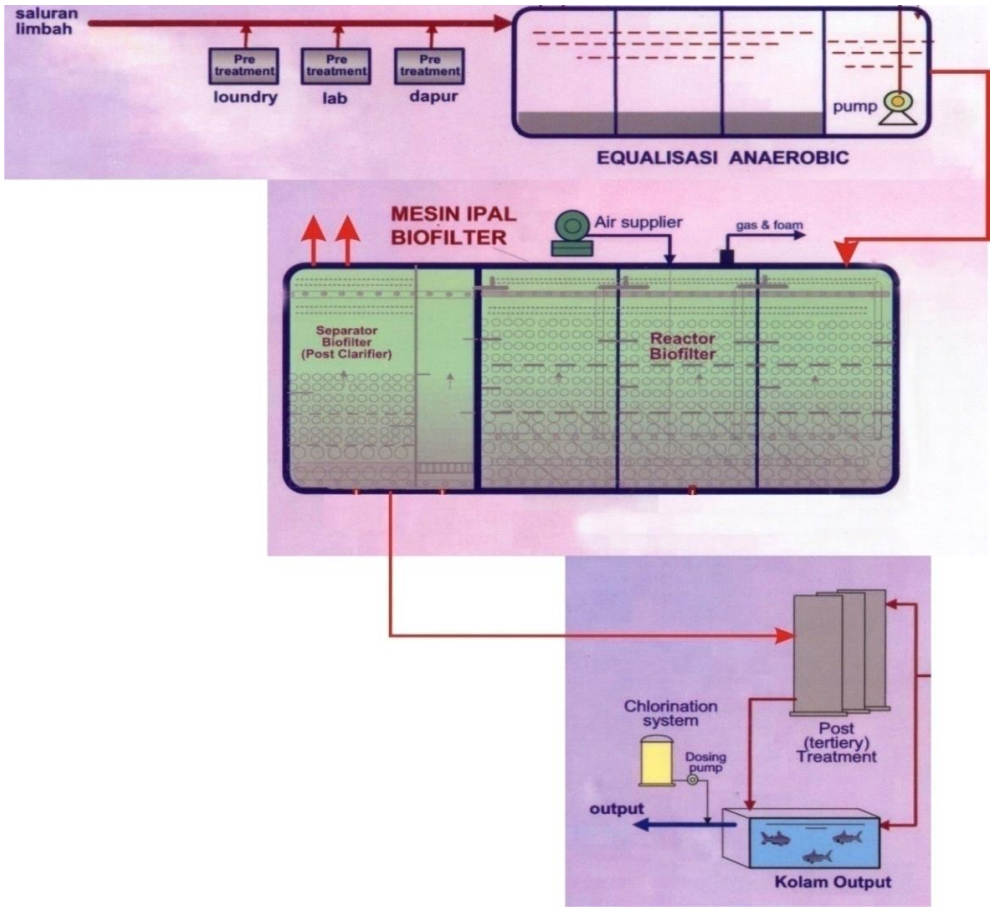
Dari gambar 2.4 terlihat limbah yang mempunnyai beban BOD tinggi dialirkan di bak penampungan kemudian dilakukan perlakuan fisik dan kimia seperti penyaringan (filtrasi), pengendapan (sidementasi), pengumpalan (flokulasi), penguapan (klorinasi) dan pemisahan (koagulasi). Hal ini dilakukan untuk menyederhanakan limbah (ukuran) dan menghilangkan beberapa unsur yang menghambat proses. Apabila perlakuan fisik dan kimia sudah cukup menstabilkan berlangsungnya bioaktivitas mikroorganisme dilanjutkan dengan perlakuan aerasi, resirkulasi sludge dan filter oksidasi yang diberi desinfektan. Diperlukan komsumsi oksigen pada umumnya sekitar 10-30 mg/ l / jam dan hal ini harus dipenuhi. Kadar oksigen terlarut (DO) sebesar 1 mg/l, bila DO ada dibawah 0,5 mg/l aktivitas terganggu dan proses berlangsung lambat (Murachman, 2005).

Dalam proses aerasi ada dua tahap perpindahan oksigen udara ke oksigen terlarut dan dari oksigen terlarut ke dalam mikroba (Abd dan Aly, 2011). Kecepatan pengembalian sludge 30% sedangkan influen air limbah masuk kedalam sistem aerasi = 1 m3/detik maka kecepatan resirkulasi setara dengan 0,3 m^3/detik (BPPT, 1996). Desinfektan sangat penting diberikan karena, selain dapat membasmi bakteri dan mikroorganisme seperti: amuba, ganggang, klor juga dapat mengoksidasi Fe^{2+}, Mn^{2+} menjadi Fe^{3+}, Mn^{3+} dan memecah molekul organik seperti warna (Kienholz, 2000). Tahapan proses dengan perlakuan oksigen dan pengairan *(resirkulasi sludge)* di atas sangat penting dalam mempertahankan beban BOD, kandungan unsur dan mikrorganisme dalam efluen yang dihendaki (Pusston, 2003).

5.3 Penanganan Limbah Cair Secara Biologi.

Limbah cair yang berasal dari kegiatan laundry, dapur, kantin, laboratorium, ruang operasi, rongten, fasilitas umum ditampung dalam kolam equalizer anaerob kemudian limbah cair diteruskan ke kolam konvensional disini terjadi proses anaerob dan aerob, dilanjutkan

dengan proses aerasi yaitu penambahan oksigen disini akan terjadi pemisahan limbah dari partikel koloidal, padatan terlarut dan padatan tersuspensi selengkapnya terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5.
Proses penanganan limbah cair rumah sakit secara biologi.

Menurut Nugroho (1996), proses biologi terjadi bermula dari limbah cair ditampung homogenitas bahan akan terjadi, sehingga mengakibatkan kenaikan suhu selama proses dekomposisi. Pada awal dekomposisi suhu sludge ada di sekitar 15- 25^{0}C tergantung dari suhu udara disekitarnya dan suasana pH sedikit asam. Selama tahap mesofil, mikroflora akan tumbuh secara cepat sehingga suhu akan naik sampai 40^{0}C dan masa menjadi lebih asam (Diaz, 2008).

Suhu akan naik terus sehingga strain mikroba yang termofil mengambil alih mikrofloranya, dan pH menjadi naik akibat pembebasan ammonia hasil degradasi protein (Yowono, 2008). Pada suhu mendekati 60^0C aktivitas jamur yang termofil terhenti, kemudian proses diteruskan oleh aktinomiset dan bakteri berspora, dalam hal ini kecepatan reaksinya mulai menurun akibat perlakuan aerasi.

Hasil penelitian Murachman (2005) menunjukkan perlakuan aerasi (aerator) dengan oksigen antara 0,8-4,0 mg/l dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam proses perombakan polutan dan menekan unsur methan, H_2S dan CO_2 sekitar 60-80 %. Apabila panas setara dengan kehilangan panas dekomposisi limbah akan mengakhiri tahap termofil. Komponen-komponen unsur bahan organik seperti karbohidrat, protein dan lemak telah terdegradasi terlihat dari parameter kimia limbah dimana limbah cair tidak berbau (Diaz, 2008).

Pada tahap treatment penurunan suhu terjadi akibat perlakuan resirkulasi sludge. Pada keadaan ini jamur dan aktinomiset akan mendegradasi lemak dan karbohidrat berupa hemiselulose dan selulose menjadi gula yang dapat dimanfaatkan oleh berbagai jenis mikroba, dan suhu akan menjadi sama dengan suhu disekitarnya (Kasmidjo, 1991). Selanjutnya akan terjadi tahap stabilisasi atau maturasi dimana terjadi pembebasan energi yang kecil dan juga kehilangan berat masa sangat kecil, pada keadaan ini mikroorganisme makroflora dan makrofauna akan mendegradasi masa yang kecil. Pada tahap proses ini antagonisme antar mikroorganisme terjadi, dan reaksi kimia komplekpun terjadi antara residu lignin, limbah yang terdegradasi serta protein mikroba yang mati akan menghasilkan bahan dasar pupuk organik cair berupa partikel koloidal dan efluen yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Barnun, 2005).

Hasil penelitian Kasmidjo (1991) yang mengatakan bahwa limbah dengan tingkat BOD > 1900 dengan perlakuan resirkulasi sludge 50% akan dapat menurunkan efisiensi BOD sekitar

98-95% dan mempertahankan kandungan BOD terlarut 50 ppm. Nugroho (1996) menemukan bahwa jumlah total limbah 15.000 m3 per hari dengan kadar pH 5,4, BOD 500 ppm, COD 900 ppm dengan perlakuan aerasi 10 - 20 jam per hari (aerator 250HP) dapat mempertahankan kandungan BOD terlarut 2000-5000 ppm.

Mikroorganisme juga berperan aktif dalam proses perombakan bahan tercemar (polutan) seperti : kelompok bakteri, jamur, protozoa, dan ganggang (Martin, 2008). Hal ini didukung dari hasil penelitian Budiyanto (2004), dimana mikroorganisme *Bacillus substilis* dan Deinococcus *radiodurens* mampu merebolisasi (pelarutan) dan mencerna logam berat Pb sekitar 79 %, Cd 67 %, Ni 17 %, foluen dan ion merkuri. Beberapa kemungkinan proses biologi yang dapat terjadi akibat aktivitas masing-masing kelompok pada lingkungan yang berbeda.

DO **CO_2** **DO** **CO_2**

Pertumbuhan

Influen

Pertumbuhan bakteri

Bakteri

Limbah cair bahan organik

protozoa

Bahan organic dari sel lisin (sel yang mati)
Flok mikroba tersuspensi dalam limbah

Pemisahan atas dasar gaya berat

Resirkulasi flok mikroba (sludge)

Sludge/lumpur flok mikroba dibuang

klarifikasi **Efluen (air bersih)**

Sinar

Air limbah
bahan organic **NH_3,PO_4,CO_2** **Alga tersuspensi**
Dekomposisi bahan organic oleh bakteri dan protozoa

(influen) **nutrient anorganik (efluen)**
Fotosintesis oleh alge

Oksigen

Gambar 2.6
Asosiasi bakteri dan ganggang dalam sistem kolam stabilitasi
(Heider dan Rabus, 2008)

- **Bakteri**

Bakteri dapat dikelompokkan menjadi dua. Kelompok pertama yaitu heterotrof yang membutuhkan bahan organik untuk sumber karbon dan energi. Kelompok heterotrof ini dibagi lagi menjadi dua sub kelompok atas dasar kebutuhan oksigennya yaitu aerob dan anaerob (Purwoko, 2007).

Proses yang berlangsung pada kelompok mikrobia ini dapat disederhanakan sebagai berikut :

Aerob : Bahan Organik + oksigen $CO_2 + H_2O$ + energi

Anaerob : Bahan Organik + NO_3 $CO_2 + H_2$ + energi

Bahan Organik + SO_4 $CO_2 + H_2S$ + energi

Bahan Organik asam organik + $CO_2 + H_2O$ + energi

Asam Organik $CH_4 + CO_2$ + energi

Bersamaan dengan proses biologi perubahan bahan organik tersebut tersintesa pula sel-sel mikrobia yang baru.

Energi + bahan organic Pertumbuhan sel

Energi Respirasi dan motilitas

Energi Hilang sebagai panas

Kelompok bakteri yang kedua adalah autotrof yang mengoksidasi senyawa anorganik untuk energi dan menggunakan CO_2 untuk sumber karbon. Yang paling penting dari kelompok ini dalam kaitannya dengan proses biologi penanganan limbah adalah bakteri nitrit, sulfur dan besi (Barnun, 2005).

$$NH_3 + \text{Oksigen} \xrightarrow{\text{nitrosomonas}} NO_2 + \text{energi}$$

$$NO_2 + \text{Oksigen} \xrightarrow{\text{nitrobakteri}} NO_3 + \text{energi}$$

Sedangkan Diaz (2008) menyatakan penanganan air limbah aktivitas bakteri ini sering tidak diinginkan karena mengurangi ketersediaan oksigen dan menyebabkan sulitnya pengendapan sel karena gas N_2 yang timbul akibat reduksi nitrat. Aktivitas bakteri sulfur sebagai berikut :

$$H_2S + \text{Oksigen} \longrightarrow H_2SO_4 + \text{energi}$$

Reaksi ini juga tidak diinginkan karena dapat menyebabkan korosi pipa. Aktivitas bakteri lain yang tidak diinginkan adalah bakteri besi sebagai berikut :

$$Fe^{++} + \text{Oksigen} \text{ ----------> } Fe^{+++} + \text{energi}$$

Beberapa genus bakteri yang diketahui berperan serta dalam proses penanganan air limbah secara biologis diantaranya *Flavobacterium, Alcaligenus, Pseudomonas, Zooglea, Enterobacter, Escherichia, Citrobacter, Klebsiela, Bacillus, Nitrobacter, Nitrosomonas, Rhodopseudomonas, Cellulomonas, Chromatia, Sphaerotillus dan Leptothrix* (Lovley, 2003).

b. Jamur

Kelompok ini bersifat multiseluler, heterotrof dan aerob serta non fotosintetik (Barnum, 2005). Oleh karena sifatnya yang filamentus dalam penangangan limbah cair, keikutsertaan jamur ini menyebabkan kesulitan dalam pengendapan flok (masa mikroba) dan menyulitkan pula proses klarifikasi efluen (Diaz, 2008).

c. Alge/Ganggang

Kelompok ini bersifat fotosintentik, dan proses fotosintesa dapat digambarkan sebagai berikut ini.

$$CO_2 + PO_4 + NH_3 \xrightarrow{\text{Sinar}} \text{sel} + O_2$$

Algae bersifat autotrof dan menggunakan CO_2 atau bikarbonat sebagai sumber karbon serta penggunaan nutrien anorganik fosfat dan nitrogen dalam bentuk nitrat atau ammonia (Purwoko, 2007).

d. Protozoa

Kelompok ini mempunyai sistem pencernaan dan memanfaatkan bahan organik padat sebagai makanannya (Diaz, 2008). Heider dan Rabus (2008) menyatakan bahwa Protozoa

bersifat aerob dan dalam proses penanganan air limbah berperan dalam mencerna bakteri dan algae.

5.4 Parameter Proses Sistem Teknologi Pengolahan Limbah Cair

Sistem teknologi pengolahan limbah cair adalah suatu rangkaian yang terdiri dari beberapa tahap proses perlakuan fisik, kimia dan biologi (Hammer, 2001). Tahapan proses tersebut berhubungan langsung dengan kondisi lingkungan perairan dimana limbah tersebut berada seperti:

(1) *Nutrien* (makanan)

Sangat penting bagi respon pertumbuhan mikroba dalam sistem pengolahan limbah secara biologis juga ditentukan oleh kualitas dan kuantitas dari nutrien di dalam air limbah (Hendrickey *et al.*, 2005). Jumlah nutrien yang ada diketahui secara empiris sebagai *biological oxygen demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Organic Carbon* (TOC), sedangkan kualitas nutrien dapat dilihat dalam kandungan amonia, nitrogen dan fosfat. Optimum asimilasi limbah oleh sel mikrobia bila imbangan antara karbon, nitrogen dan fosfor sekitar 100 : 6 : 1 (Kasmidjo, 1991). BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang digunakan oleh campuran populasi mikroorganisme didalam mengoksidasi aerob bahan organik dalam suatu limbah cair pada suhu 20 C selama 5 hari.

COD berupa kuantitas oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi secara kimia senyawa organik dalam sampel limbah cair. Korelasi antara harga BOD, COD dan TOC sangat sulit untuk dihitung (Darmono, 2001). Dari beberapa data menunjukkan bahwa analisis limbah rumah tangga mempunyai korelasi sebagai berikut :

$$\text{Rasio BOD5/COD} = 0{,}4\% - 0{,}8\%$$

Rasio BOD5/TOC = 1.0 % – 1.6%

Dalam limbah cair pengolahan pangan, kualitas nutrient dapat dianalisis dan umumnya berupa gula terlarut, pati dekstran, selulosa, protein ion anorganik, garam, vitamin, lemak, minyak, lilin, emulsifier, detergen dan lain-lain (Efendi, 2008). Senyawa-senyawa tersebut merupakan bahan yang siap dioksidasi oleh mikroba untuk pembentukan energi dan sintesa sel-sel baru. Lemak dan karbohidrat untuk pembentukan energi, amonia dan protein untuk sintesa enzim dan senyawa inti sedangkan fosfor untuk pembentukan ADP dan ATP (Hendricky *et al.*, 2005)

Kualitas nutrien yang tersedia juga menentukan komposisi mikroflora yang tumbuh, dalam hal ini tergantung dari kemampuan menyesuaikan diri dalam lingkungan limbah serta kemampuan bersaing antar mikroflora dalam kondisi air limbah tersebut (Emanuel *et al.*, 2001). Dalam hal tertentu pada keadaan nutrisi yang tidak seimbang menyebabkan pertumbuhan mikroba filamentus (bakteri dan jamur) yang sulit mengendap (Mulvaney *et al.*, 2001).

(2) Kadar oksigen

Ketersediaan oksigen bagi mikroorganisme sangat mempengaruhi berlangsungnya proses asimilasi serta tipe populasi mikroorganismenya. Ada 3 tipe pengolahan limbah secara biologis yang dikenal, yaitu aerob, mikroaerofil/ fakultatif dan anaerob (Heider dan Rabus, 2008). Diperlukan oksigen antara 0,8–4,0 mg/l sebagai oksigen terlarut.

Aktivitas metabolisme oksidatif mikroflora sangat tergantung dari oksigen untuk fungsi respirasi dan sebagai hasil akhir metabolisme aerob adalah CO_2, air dan sejumlah kecil ammonia (Rukaesih, 2008). Bila kadar oksigen turun dibawah 0.5 mg/l tipe mikroflora yang fakultatif akan aktif dan hasil akhir metabolismenya berupa laktat, alkohol, keton, aldehid disamping air dan CO_2. Pada keadaan anaerob produk akhir yang dihasilkan berupa methan, H_2S dan CO_2, disamping beberapa asam organik, aldehid dan keton (Diaz, 2008).

(3) Temperatur (suhu) dan pH.

Parameter pH berkaitan dengan aktivitas katalisis sistem enzim yang ada pada mikroorganisme (Heider dan Rabus, 2008). Suhu menentukan kecepatan katalisa, sedangkan pH menentukan imbangan reaksi enzimatis. Suhu yang rendah misal 4ºC mempengaruhi ukuran partikel flak dan umumnya pada suhu tersebut ukuran partikel terlalu kecil sehingga mempersulit proses pengendapan/ klarifikasinya. Pertumbuhan mikroba yang baik terjadi pada pH 6 – 8, akan tetapi pada pH 3,8 menstimulasi pertumbuhan jamur, pada pH 10,5 memperkecil kemungkinan proses agregasi bahan padatan tersuspensi serta penyerapan nutrient oleh mikroflora (Rukaesih, 2008).

(4) Senyawa Toksik

Senyawa ini berupa polutan yang tidak bermanfaat pada proses asimilasi limbah. Senyawa toksik pada limbah dapat berasal dari logam berat (As, Cu, Hg), khlorin dan jodin mengakibatkan sistem enzim pada sitokhrom serta sistem respirasi, transport substrat dan replikasi bahan inti sel terhenti (Heider dan Rabus, 2000). Jadi apabila dalam limbah terdapat senyawa toksik yang cukup akan mampu menghambat aktivitas/proses asimilasi biologis yang diharapkan dapat terhenti (Bareck, 1998). Daya toksisitas bahan organik dan anorganik mampu

dihambat melalui aktivitas biologis limbah dan oleh faktor lain seperti suhu, pH, kadar garam dan waktu kontraknya (Almunef, 2003).

(5) Sinar

Proses fotosintesis sangat penting pada beberapa sistem biologis untuk menghasilkan energi, disamping itu peran fotosintensis juga dalam hal penghasilan oksigen yang dibebaskan ke udara atau lingkungan limbah (Champman, 1996). Sinar sangat berhubungan erat dengan kebutuhan pembentukan energi bagi algae/ganggang, terutama pada sistem lagoon/kolam stabilisasi (Pusstan, 2003). Akan tetapi algae juga merupakan pengganggu pada proses klarifikasi limbah, bila pertumbuhan ini tidak dicegah akan dapat menaikkan BOD pada saluran pembuangan efluen (Emmanuel, 2001).

5.5 Indikator Hasil Olahan Instalasi Pengolahan Limbah Air Terpadu (IPAL)

Beberapa indikator keberhasilan IPAL secara umum menyangkut beberapa hal yaitu: a) tingkat efisiiensi kandungan polutan organik b) jumlah biomasa yang dihasilkan c) jumlah kandungan unsur yang dapat dipertahankan. Untuk itu diperlukan pengaturan beberapa parameter seperti:

(1) *Food/Microorganisme Ratio* (makanan untuk mikroorganisme)

F/M adalah ratio ketersediaan makanan/nutrien terhadap kuantitas mikroorganisme yang berperan dan ada dalam air limbah (Champman, 1996). Winarno (1996) mengatakan bahwa proses penyerapan polutan atau asimilasi polutan sangat tergantung aktivitas biologis mikroflora dalam sludge serta jenis dan jumlah nutrien yang tersedia untuk mikroba tersebut pada kondisi lingkungan yang sesuai.

Apabila makanan kurang tersedia, proses asimilasi yang dilakukan mikroflora akan menjalani suatu tingkatan yang menyebabkan kesulitan bagi biomasa untuk diendapkan (Diaz,

2008). Pada dasarnya rasio makanan dan populasi mikrobia (F/M) dapat mengendalikan sifat pertumbuhan serta mempengaruhi sifat pengendapan *sludge* dan karakteristik asimilasinya (Hammer, 2001). *Sludge* yang terflokulasi tersusun dari senyawa limbah tersuspensi, campuran koloidal, garam mineral dan mikroorganisme. *Sludge* ini sering juga disebut biomasa, atau dianalisa sebagai *suspended solid* (Mcleod dan Eltis, 2008).

Menurut Nugroho (1996), bila air limbah mengadakan kontak dengan *sludge*, hubungan antara makanan (*nutrient*) dan mikrobia menjadi mantab, dan pada beberapa sistem *activated sludge* rasio ini berkisar antara 0,05 – 1,0 dengan rasio yang umum antara 0,3 – 0,5.

FM =

F = food/makanan

M = mikroorganisme

Q = aliran air limbah (1/hari)

BOD = padatan air limbah (mg/1)

V = volume tangki aerasi (1)

MLSS = padatan tersuspensi dalam tangki aerasi (mg/l)

(2) Padatan tersuspensi (*Mixed Liquor Suspended Solids /MLSS)*

Campuran padatan *activated sludge* dan air limbah dikenal sebagai *Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)*. MLSS menunujukkan jumlah bahan baku yang dihasilkan berupa biomasa dari bahan baku yang tahan melapuk (Murachman, 2005). Kadar MLSS mempengaruhi kecepatan asimilasi polutan per satuan waktu dan terkait langsung dengan pengendalian parameter F/M. Suatu contoh yang ekstrem yaitu bila aliran influen resirkulasi sludge tiba-tiba

dibesarkan maka rasio F/M menjadi besar dan sifat sludge menjadi sulit diendapkan dalam klarifikasi, sehingga proses penghilangan polutan menjadi kurang efisien (Fardiaz, 1998).

(3) Umur lumpur (*Sludge Retention Time /Sludge Age*)

Sludge age atau umur sludge menyatakan berapa lama sludge mengadakan kontak dengan limbah cair dalam suatu sistem, ini akan *berhubungan* dengan ketahanan unsur dalam sludge dan akan berpengaruh secara langsung terhadap harga F/M (Kasmidjo.1991). Penambahan sludge akan menambah jumlah mikroorganisme, bila F konstan adanya akumulasi sludge menurunkan rasio F/M. Bila F/M turun dan sludge terlalu tua maka karakter pengendapan rendah, dan selanjutnya efisiensi penghilangan polutan rendah dan kualitas efluen menjadi turun (Murachman, 2005).

Sludge dapat dikendalikan melalui resirkulasi, dimana sebagian biomasa dari proses klarifikasi ke tangki/kolam aerasi, proporsi sludge yang dikembalikan ke tangki aerasi tergantung harga F/M yang dikendalikan seperti berikut ini.

Sludge age (hari) =

(4) Waktu aerasi *(Detention Time)*

Detention time adalah waktu aerasi yang diberikan pada suatu limbah dalam sistem aerasi. Detention time ditentukan oleh kecepatan aliran efluen kedalam tangki aerasi dan volume kerja dari kolam aerasi (Pusston, 2008).

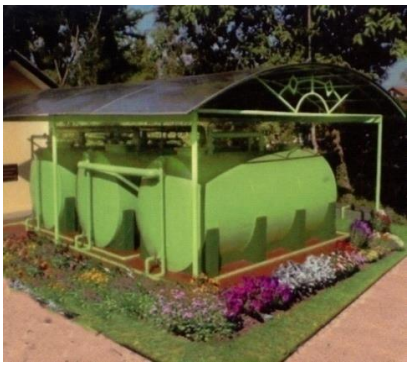
t = 24

t = detention time (jam)

V = volume tangki aerasi (m^3)

Q = kecepatan aliran influen (m^3/hari)

Waktu untuk proses aerasi *(Detention Time*) pada sistem lumpur aktif (*activated sludge system*) berkisar antara 6-30 jam sedangkan pada sistem kolam stabilisasi mencapai 9–14 hari, bahkan sampai 60 hari. Waktu aerasi tersebut tergantung dari tipe limbah, sistem yang digunakan dan kemampuan mikroflora untuk melaksanakan proses asimilasi pada kondisi sistem yang diterapkan.



Gambar 2.7

Sistem biofilter dengan uji tanaman
Sumber: *Pre treatmen* Rumah Sakit Tabanan, 2010

Gambar 2.8

Sistem Biodetox uji dengan Ikan
Sumber: *Pre Treatment* Rumah Sakit Sanglah, 2010.

Standar parameter proses operasional pada sistem teknologi pengolahan limbah cair dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3
Standar parameter proses operasional
sistem teknologi pengolahan limbah cair

Proses	Beban BOD g BOD / m^3.hari	Rasio F/Mg/BOD/hari g MLSS	Periode Aerasi (Jam)	Resirkulasi Sludge (%)	Efisiensi Pengurangan BOD (%)
Extended aeration	50 – 500	0.05 - 0.2	20 – 30	100	85 – 95
Conventional	500 – 650	0.2 - 0.5	6.0 - 7.5	30	90 – 95
Step Aeration	500 – 800	0.2 - 0.5	5.0 -7.0	50	85 – 95
Contact Stabilisation	500 – 800	0.2 - 0.5	6.0 - 9.0	100	85 – 90
High Rate Aeration	>1300	0.5 - 1.0	2.5 - 3.5	100	80 – 85
High Purity Oxygen	>1900	0.6 - 1.5	1.0 - 3.0	50	90 – 95

Sumber : Kasmidjo, 1991

4. 6 Manfaat Limbah Cair.

Air limbah yang dimanfaatkan adalah air limbah yang aman dan memenuhi kriteria sebagai bahan baku pupuk yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian. Untuk memenuhi kriteria tersebut perlu suatu proses penanganan dan perlakuan (Almuneef, 2003). Proses penanganan harus mempunyai tujuan seperti: 1) apakah hanya memenuhi standar baku mutu atau menghilangkan polutan saja, 2) memanfaatkan kembali sebagai produk atau sebagai bahan baku proses, 3) Hanya menampung saja (memodifikasi) (Alvin, 2003). Salah satu standar baku mutu limbah cair rumah sakit seperti Tabel 2.4.

Tabel 2.4
Baku mutu untuk kegiatan rumah sakit

Parameter	**Kadar Maks.**	**Satuan**	**Metode Analisis**
Fisika :			

Suhu	$\leq 30^0$	^0C	Elektrometri
Kimia :			
Ph	6-9		Elektrometri
NH_3N (Ammonia bebas)	0,05	mg/I	AAS
(PO_4) Phosphat Total	2	mg/I	Kolorimetri
Total Suspended Solid	100	mg/I	Gravimetri
COD	100	mg/I	Tetrimetri
BOD_5	50	mg/I	Winkler
Mikrobiologi			
MPN, Kuman Gol. Koli/100 ml	10.000	Col/unit	Pencacahan
Radioaktivitas :			
^{32}P	$7x10^2$	Bq/I	Geiger Counter
^{33}S	$2x10^3$	Bq/I	Geiger Counter
^{43}Ca	$3x10^2$	Bq/I	Geiger Counter
^{31}Cr	$7x10^4$	Bq/I	Geiger Counter
^{67}Ga	$1x10^3$	Bq/I	Geiger Counter
^{83}Sr	$4x10^3$	Bq/I	Geiger Counter
^{99}Mo	$7x10^3$	Bq/I	Geiger Counter
^{113}Sn	$3x10^3$	Bq/I	Geiger Counter
^{123}I	$1x10^1$	Bq/I	Geiger Counter
^{131}I	$7x10^1$	Bq/I	Geiger Counter
^{192}Ir	$1x10^4$	Bq/I	Geiger Counter
^{201}Ti	$1x10^3$	Bq/I	Geiger Counter

Standar parameter untuk irigasi pertanian hasil penelitian yang dikemukakan oleh Hammer (2001) *(Irrigation water quality*) seperti: TSS *(totatl suspended solid)* 5-50 mg/l, kekeruhan. 1-20 NTU, BOD 10-20 mg / l, COD 50-100 mg / l, nitrogen 10-30 mg/l, phosphor

0,1-30 mg / l, Total coliform 10-10^7 du / 100 ml. Standar limbah cair hasil pengolahan teknologi untuk pertanian (*standard recycling for agriculture*) parameter TSS < 5 – 35 mg / l, kekeruhan < 0,2-35 NTU, BOD < 5-45 mg / l, COD < 20-200 mg / l, Inorganik < 400 – 4000 mg / l, clorin 0,5-5 mg / l, Nitrogen 10-15 mg / l, Phospor < 0,1-2 mg/ l, Logam berat Hg < 0,001 mg / l, Cd < 0,01 mg / l, Ni < 0,02-0,1 mg / l, Total coliform < 1-2000 du / 10 ml.

Pemanfaatan limbah cair di salah satu subak di wilayah kota Denpasar dapat dilihat pada Gambar 2.9 di bawah ini.

Gambar 2.9

Gambar 2.9
Saluran irigasi yang tercemar limbah di Subak Kepaon Denpasar

4.7 Bahan Baku Pupuk Cair.

Beberapa komponen penting yang terdapat dalam bahan baku pupuk cair adalah asam amino, mineral organik, hormon, mikroorganisme. Asam amino seperti: asparigin, glycine, lysine, ammonium accitedacid, cystein, tyrosin dll. Mineral organic seperti: unsur makro N, P, K dan unsur mikro Mg, Ca, S, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Al, Mo. Jenis hormon seperti: Giberelin, Zeatin dan IAA, mikroorganisme seperti: protozoa, fungi, jamur, bakteri dan virus (Mikelsen, 2000). Analisis komposisi bahan baku pupuk limbah cair domestik rumah sakit hasil pengolahan dengan sistem teknologi disajikan pada Tabel 2.5

Tabel 2.5

Komposisi bahan limbah cair

No	Fraksi	% berat kering	
		Pelayanan	Tindakan
1	Senyawa larut dalam air (gula, pati, asam, amino, garam, amonium)	5 – 30	2 – 20
2	Senyawa larut dalam alcohol/eter (lemak, minyak, lilin dan resin)	5 – 15	1 – 3
3	Protein	5 – 40	5 – 30
4	Hemiselulosa	10 – 30	15 – 25
5	Selulosa	15 – 60	15 – 30
6	Lignin	5 – 30	10 -25
7	Mineral	1 – 13	5 – 20

Sumber: Laboratorium Rumah Sakit Sanglah, 2010

Berdasarkan derajat pelapukan maka zat organik dapat digolongkan menjadi bahan organik mati dan bahan organik hidup. Bahan organik hidup seperti bakteri, fungi, protozoa, amuba, virus. Bahan organik mati terdiri dari : pelapukan segar, sedang melapuk dan tahan melapuk. Pelapukan segar kaya protein, sedang melapuk kaya N dan zat hara, tahan terhadap pelapukan kaya humus. Limbah yang berada dilingkungan kaya oksigen, kaya nutrien, jazad renik berwarna keabuan (Yowono, 2008). Pelapukan unsur hara hasil kegiatan mikrooganisme dan enzim-enzim menghasilkan senyawa sederhana seperti : C sebagai CO_2, CO_3, HCO_3, CH_4,

C ; N sebagai NH_4+, NO_3, N_2 (gas); S sebagai S, H_2S, SO_3^{-3}, SO_4^{-2}, CS_2 dan P, H_2O, O_2, H_2, H^+, OH, S, Ca^{+2}, dan lain-lain.

4.8 Proses Perombakan dan Pembentukan Unsur Hara

Mikrooganisme dan kandungan unsur yang terdapat dalam limbah cair berperan dalam proses perombakan dan pengikatan unsur yang dilakukan di udara, air dan tanah (Heider and Rabus, 2008). Berlangsungnya siklus biokimia alam sangat menentukan peranan dan fungsi mikroorganisme dalam proses perombakan dan pembentukan unsur hara di air (Barek *et al.*, 1998). Jenis mikroorganisme tergantung dari kondisi lingkungan disekitarnya seperti adanya oksigen, pH, suhu dan nutrien selengkapnya dapat terlihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6.
Organisme yang berperan dalam kondisi lingkungan tertentu

Organisme	Genus	Jumlah/gram
Mikroflora	Bakteri	$10^8 - 10^9$
	Aktinomiset	$10^5 - 10^8$
	Jamur	$10^4 - 10^6$
	Ganggang	10^4
	Vinus	
	Protozoa	$10^4 - 10^5$
Mikrofauna	Jamur	
Makroflora	Alga	
Mikrofauna	Semut, insek, Cacing, serangga, dsb.	-

Sumber: Fair *et al*., 2003

Spesies yang menginginkan suhu dibawah 20 ^{0}C dikenal sebagai psikrofil. Sedangkan mesofil menghendaki 20^0 –40 ^{0}C dan termofil diatas 40 ^{0}C, Mikroflora, makroflora dan

makrofauna yang aktif pada tahap akhir stabilisasi bersifat mesofil (Pang and Letey, 2000). Beberapa spesies bakteri mampu membentuk spora yang tahan terhadap suhu tinggi sehingga dapat bertahan selama proses dekomposisi berlangsung. Seperti bakteri aktinomiset tumbuh sangat lambat tetapi dapat bertahan hidup pada suhu tinggi (Purwoko, 2007).

Beberapa mikroorganisme yang telah digunakan untuk pupuk hayati adalah *Rhizobium, Azospirillum, Azotobacter* dan *Phosphobacteria* yang mampu menyemat nitrogen di udara, air dan tanah. *Rhizobium* merupakan jenis bakteri yang banyak digunakan untuk pupuk hayati (Schuler *et al.,* 1993). Koloni bakteri *Rhizobium* bersimbiose dengan akar tanaman legum membentuk nodul yang berperan dalam penambatan nitrogen (Hendrickey *et al.,* 2005). *Rhizobium* yang berasosiasi dengan tanaman legume mampu menambah 100-300 kg N / ha dalam satu musim dan meninggalkan sejumlah N untuk tanaman berikutnya (Purwoko, 2007).

Azotobacter merupakan bakteri penambat N yang tidak berasosiasi dengan tanaman dan mampu menurunkan kebutuhan pupuk nitrogen sebesar 25 % - 50 % (Sutanto, 2002). Bakteri ini dapat ditumbuhkan didalam media dan setelah di campur dengan bahan pembawa seperti air limbah. *Azotobacter* dapat digunakan untuk tanaman baik untuk tanaman seralia maupun sayuran (Winarno, 1996).

Azixpirillium dan *Acetobacter* diaqzotrophicus kedua jenis bakteri ini bersimbiose dengan tanaman inang. *Azixpirillium* dapat diperbanyak dengan media bromotimol blue yang bebas nitrogen, kemudian dicampur dengan bahan pembawa dan cara penggunaanya seperti *Azotobacter* (Schuler *et al* 1993). Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil tanaman serealia seperti padi, gandum, sorgum dan jagung meningkat lebih dan 11% setelah diinokulasi dengan *Azotobacter*.

Tanaman *Azolla* merupakan tanaman air yang banyak tumbuh di perairan limbah domestik terutama tingkat polutan organik yang tinggi. Hasil penelitian tanaman air *Azolla* dikembang biakkan dipetak berukuran 1 m^2, tiga minggu sebelum tanam. Inokulasi dilaksanakan dengan dosis 100 g/m2 (0,1 ton/ha) setelah 15-20 hari tanaman air azola berkembang 100 kali dan menghasilkan biomasa selama 10-15 hari. *Azolla* memiliki nisbah C/N antara 12%-18%, sehingga dalam waktu satu minggu biomasa segar azolla telah terdekomposisi dengan sempurna dan dapat langsung dibenamkan ke dalam tanah. Keunggulan tanaman *Azola* adalah mampu menekan lumpur (sludge) dan menyerap bahan pencemar (Sutanto, 2002).

Ganggang Biru (*Cyanobacter*) Ganggang biru merupakan penambat N_2 yang cukup efektif di tanah sawah. Bakteri ini dapat dikembangkan sebagai teknologi alternatif untuk menggantikan sebagian pupuk N yang diperlukan tanaman padi. Di beberapa kawasan penghasil padi, seperti Thailand, Vietnam, dan Fhilipina telah memanfaatkan jenis bakteri ini, dan teknologinya mulai dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan yang makin meningkat. Bakteri ini mampu memasok kebutuhan N sebesar 25-30 kg.ha atau ekivalen 55-60 kg urea/ha.

Penelitian menunjukkan bahwa produksi gabah meningkat 10% pada petak yang diinokulasi dengan algae dan kombinasi dengan pupuk N sebanyak 25-30 kg N/ha/musim. Siklus biokimia alam menjadi sangat penting dalam kaitannya dengan sistem penanganan limbah, terutama bila padatan sludge dibuang ke lahan pertanian. Kunci kelangsungan siklus ini adalah ketersediaan karbon dan nitrogen organik yang seimbang untuk dapat dimanfaatkan oleh ekosistem tanah (Lovley, 2003). Beberapa tipe pengikatan nitrogen secara biologis terlihat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7

Beberapa tipe penambatan nitrogen secara biologis

Sumber: Semadi (2003)

Tipe Penambatan N_2	Simbiosis	Asosiasi	Hidup bebas
Mikroorganisme	Rhizobium	Azospirillum	Azotobacter
	Antinomycetes	Azotobacter	Klebsiella
			Rrodospirillum
Sumber energy	Sukrosa atau Karbohindrat dari inang	Eksudat akar	Heterotrof Autotrof
			Residu tanaman Hasil fotosintesis
Kemampuan Penambatan Kg/ha/th	Lagume : 57-600 Nodul bukan legume : 2-300	12 – 313	0,1; 0,5; 25

Secara garis besar mikrooganisme yang terlibat dalam sistem teknologi pengolahan limbah cair lumpur aktif (*activated sludge*) di rumah sakit seperti Tabel 2.7, 2.8, dan 2.9. (dalam lampiran)

Tabel 2.8

Jenis bakteria

Kelompok 1 Contoh Jenis	Keterangan
Menguntungkan :	Proses nitrifikasi
Nitrosomonas europaea	Penambah N_2 udara
Methanomonas methanica	Proses pembentukan gas-bio
Thiobacillus denitrificans	Proses denitrifikasi
Cellviario speciosa	Pengurai sellulosa
Azccobacter vinelandil	Penambat N_2 –udara
Beijerincria sp.	Penambat N_2 –udara

Phizobium japonicum	Penambat N_2 –udara
Lactobacillus plantarum	Proses pembuatan asam laktat
Lactobacillus bulgaricus	Proses pembuatan yoghurt
Proplonibacterium rubrum	Proses pembuatan asam propionate
Bacillius megaterium	Jasad pengetes bioesei
Sterptomyces griseus	Proses pembuatan antibiotika dan vit. B_{12}

Sumber : Laboratorium Mikrobiologi, MIPA Universitas Gajah Mada, 2010
(Selengkapnya dalam lampiran)

Tabel 2.9
Jenis jamur

Kelompok/ contoh jenis	Keterangan
Menguntungkan:	Jamur tape
Rhizopus oryzae	Jamur tempe
Rhizopus ollgosporus	Jamur tempe
Rhizopus stoloniferus	Penghasil protein(PST)
Candida utilis	Jamur tape
Endom copsis fibuligera	Jamur roti
Saccharomyces cerevisiae	Jamur tape, pembuat minyak
Saccharomyces ellipsoides	Jamur minyak kelapa
	Jamur kecap
Penicelium chrysogenum	Penghasil antibiotika penisilin
Penicelium notatum	Penghasil antibiotika penisilin
Penicelium cammembertil	Jamur keju
Neurospora sitophyla	Jamur keju
Claviceps purpurea	Jamur oncom
Auricularia auricular-judae	Penghasil ergot/obat
Auricularia polytricha	Jamur kuping/polibagember
Boletus edulis	“mouleh”/jamur kuping
Agaricus bisporus	Bahan obat

Pleurotus ostreatus	“mushroom”,”champing non”
Volvariella volvacea	Jamur-liat
Volvariella esculenta	Jamur merang

Sumber **:** Laboratorium Mikrobiologi, MIPA Universitas Gajah Mada 2010
(Selengkapnya dalam lampiran)

Tabel 2.10
Jenis alge-biru-hijau

Kelompok /contoh jenis	Keterangan
Menguntungkan:	
Gloeocapsa magma	Jenis pioneer pada tanah tandus
Oscillatoria princeps	Penambat N_2- udara
Spirulina maxima	Penghasil protein (PST)
Anabaena azollae	Penambat N_2-udara, simbiosa
Anabaena eycadae	Penambat N_2-udara, simbiosa
Anabaena fertilissima	Penambat N_2-udara, bebas
Aulosira fertilissima	Penambat N_2-uadar, bebas
Calothrix parietima	Penambat N_2-udara, bebas

Sumber : Laboratorium Mikrobiologi, MIPA Universitas Gajah Mada 2010
(Selengkapnya dalam lampiran)

4.9 Larutan Hara.

Larutan dalam limbah cair dinyatakan dalam efluen yaitu cairan yang mengandung partikel koloidal, padatan terlarut dan padatan tersuspensi yang mengandung garam mineral (Duncan dan Sandy, 1994) Larutan efluen berasal dari proses degradasi oleh mikoorganisme terhadap: bahan buangan padat, bahan buangan organik dan anorganik, minyak, lemak dan unsur

kimia pada kondisi tertentu dalam bentuk campuran air dan bahan padat (*Mixed Liquor Suspended Solid*).

Tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang secara normal memerlukan air (H_2O), udara (CO_2), cahaya, garam-garam pupuk, unsur hara makro dan mikro serta penopang akar. Lebih lanjut dikatakan bahwa garam-garam pupuk yang diperlukan diisap melalui akar dalam bentuk larutan seperti Tabel 2.11

Tabel 2.11
Konsentrasi larutan yang diperlukan tanaman pada umumnya dan bentuk garam pupuknya

Unsur hara	**Bentuk garam pupuk**	**Ppm**
Ca	Kalsium nitrat Kalsium sulfat	300-500
N	Amonium sulfat Amonium nitrat	100-400
K	Kalium nitrat Kalium sulfat	100-200
Mg	Magnesium sulfat	50-100
Fe	Besi sulfat	2-10
B	Asam boric	0,5-5
Mn	Mangan sulfat	0,5-5
Zn	Seng sulfat	1
Cu	Tembaga Sulfat	0,5

Sumber **:** Yowono, 2008

Umumnya unsur hara yang diberikan ke tanaman dalam bentuk larutan dengan berbagai komposisi. Efluen adalah larutan yang merupakan bahan akhir dari hasil penanganan limbah cair dengan menggunakan sistem teknologi pengolahan limbah cair terpadu yang mengandung beberapa unsur hara dan garam organik serta mikroorganisme yang langsung dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Kandungan unsur dalam efluen dapat dilihat dari komposisi dengan perbandingan

BOD : N : P = 100 : 25 : 1 (Kasmidjo, 1996). Beberapa pupuk cair mengandung nitrogen 1,800%, fosfor 0,757%, kalium 0,383% magnesium 0,383%, kalsium 0,97%, sulfur 0,215%, besi 236 ppm, seng 149 ppm, dan beberapa kandungan asam amino (Asparigin, glycin, methionine, phenylalanine dan proline).

BAB V

PENANGANAN LIMBAH CAIR UNTUK BAHAN BAKU PUPUK

5.1 Konsep Penanganan Limbah Cair

Penanganan limbah air dengan menggunakan teknologi pengolahan limbah secara biologi seperti dibawah ini.

Limbah Cair

Bahan bermanfaat:

Bahan organik, protein Kerbohidrat

Bahan pencemar :

BOD, COD, TSS Amonium, Nitrat, Nitrit

Proses Pengolahan
Perlakuan primer : Fisik, Kimia, Perlakuan Sekunder : Biologi
Standar Baku
Mutu

Standar Operasional
Teknologi
Teknologi

Tahap Stabilisasi

biologi

Tahap Treatment: Biologi

Aerasi,F/M,Tekanan air

Tahap Pretreatment

fisik,kimia,biologi

fisi

Bahan Baku
Pupuk
Standar Bahan Baku Pupuk

Tanaman

Gambar 3.1

Limbah cair rumah sakit selain mengandung bahan pencemar juga mengandung unsur yang bermanfaat. (Emanuel *et al.,* 2001). Limbah cair RSUP Sanglah mempunyai karakteritik yang bisa dimanfaatkan, karena mengandung bahan organik berupa karbohidrat dan protein yang cukup tinggi. Untuk bisa aman dimanfaatkan dilakukan proses pengolahan limbah cair dengan proses perlakuan primer seperti fisik, kimia yang bertujuan menyederhanakan komponen partikel dan menghilangkan bahan pencemar. Untuk memenuhi standar baku yang diinginkan dan mempertahankan komponen unsur yang bermanfaat dilakukan perlakuan biologi seperti: perlakuan F/M, oksigen dan tekanan air *(resirkulasi sludge)*. Semua perlakuan terrsebut terdapat dalam rangkaian tahapan proses pengolahan limbah cair yang menggunakan teknologi biodetox. Teknologi biodetox terdiri dari tahapan proses pre treatment, treatment dan stabilisasi, dimana masing– masing tahapan akan terjadi proses dekomposisi, fermentasi dan mineralisasi yang merupakan proses penyederhanaan komponen limbah menjadi bentuk yang lebih sederhana. Proses tersebut melibatkan mikroorganisme, sehingga memerlukan standar perlakuan biologi seperti: perlakuan oksigen, F/M, umur *sludge* dan *resirkulasi sludg*e pada tahap *treatment*

Pada tahap stabilisasi yang merupakan akhir dari proses perlakuan akan menghasilkan karakteristik dengan bentuk komponen partikel yang lebih sederhana dan sesuai dengan standar bahan baku pupuk. Untuk itu dilakukan pengujian tahapan proses perlakuan teknologi biodetox,

menganalisis variabel kualitas, karakteristik dan jumlah komponen limbah cair dan mengetahui respon tanaman terhadap bahan baku pupuk hasil pengolahan limbah cair biodetox.

5.2 Proses Pengujian Limbah Cair untuk Bahan Baku Pupuk

Gambaran Umum

PROSES TEKNOLOGI

1. Identifikasi tahapan proses (pretreatment, treatment, stabilisasi).
2. Mengukur perlakuan biologi (Oksigen, F/M, tekanan air)

Konsep Teknologi

Analisis/Deskriftif

Standar operasional

POTENSI LIMBAH CAIR

1. Mengukur kualitas limbah cair pada tahapan proses
2. Mengukur karakteristik limbah cair, tahap stabilisasi
3. Menghitung jumlah komponen, tahap stabilisasi

Bahan Baku Pupuk

Uji lab dan matematik

Standar Baku Mutu

RESPON TANAMAN

1.Mengukur Pertumbuhan tanaman
2. Mengukur produktivitas tanaman

Percobaan tanaman

Bahan Baku Pupuk Organik

Uji Statistk

Gambar 3.2
Konsep penelitian

Untuk melihat gambaran umum lokasi penelitian dilakukan observasi di Wilayah instalasi pengolahan air limbah Rumah Sakit umum Pusat Sanglah (RSUP) di Denpasar Bali, terkait aktivitas, jumlah limbah, kapastas yang dimiliki, teknolgi pengolahan limbah yang dipergunakan. Prosedur penelitian terdiri dari 3 tahap. Penelitian tahap pertama proses teknologi yaitu mengidentifikasikan tahapan proses (*pretreatment, treatment* dan *stabilisasi*) dan mengukur perlakuan biologi (oksigen, F/M, tekanan air) kemudian dibandingkan dengan standar oprasional teknologi tujuan untuk mencari konsep teknologi. Penelitian tahap kedua

potensi limbah cair yaitu mengukur variabel kualitas, karakteristik dan jumlah komponen bahan baku pupuk kemudian dibandingkan dengan standar bahan baku pupuk bertujuan untuk mencari potensi bahan baku pupuk. Penelitian tahap ketiga respon tanaman yaitu menganalisis beberapa variabel pertumbuhan dan hasil tanaman yang bertujuan untuk menguji bahan baku pupuk hasil teknologi pengolahan limbah cair layak untuk bahan baku pupuk organik.

5.3 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian merupakan penelitian eksperimen, karena menguji karakteristik limbah cair dan bahan baku pupuk hasil teknologi pengolahan limbah cair terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Karakteristik limbah cair dianalisis dengan metode kualitatif dan kuantitatif. Kuantitatif berdasarkan nilai kandungan unsur dan kualitatif berdasarkan analisis sifat fisik, kimia dan biologi limbah cair (dikriftif).

Untuk menggambarkan proses teknologi menggunakan metode *diskriftif comparative* (analisis dan perbandingan) yaitu menganalisis variabel perlakuan biologi (oksigen, F/M, tekanan air (*resirkulasi sludge)* yang diberikan pada setiap tahapan proses. Kemudian dibandingkan dengan standar operasional teknologi pengolalan limbah cair yang menggunakan prinsip biologi. Hasil uji laboratorium limbah cair pada setiap tahapan proses perlakuan (pre treatment, treatmen dan stabilisasi), selanjutnya dilakukan perbandingan dengan standar baku mutu yang aman dimanfaatkan (Permenkes RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990). dan standar mutu air golongan D (Kepmen KLH No -02/MENKLH/1/ 1988),.

Potensi bahan baku pupuk menggunakan metode *comparative* (Perbandingan) yaitu Hasil uji laboratorium limbah cair pada tahapan proses stabilisasi, selanjutnya dilakukan perbandingan

dengan standar bahan baku pupuk. Jumlah produksi bahan baku pupuk dilakukan perhitungan rancangan teknis dengan pendekatan matematik yaitu menghitung jumlah bahan baku pupuk pada kolam sidementasi, kolam aerasi, kolam stabilisasi dan buangan lumpur (tahapan proses).

Respon tanaman menggunakan metode *asosiatif* (mencari pengaruh, perbedaan dan hubungan) yaitu menguji secara statistika untuk mencari pengaruh, menganalisis sidik ragam untuk mencari perbedaan dan persamaan regresi untuk mencari hubungan antara variabel penelitian. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan alokasi Faktorial Sederhana, yang terdiri dari dua factor yaitu jenis pupuk dan dosis pupuk. Faktor pertama yang diuji adalah tiga jenis pupuk yang terdiri dari:

K = pupuk biodetox (hasil olahan teknologi)

B = pupuk biosugih (pupuk organik berlabel)

V = pupuk majemuk hiponex (pupuk majemuk anorganik)

Sedangkan faktor kedua yang diuji adalah dosis pupuk yang terdiri dari:

K_0 = Dosis 0 g/polibag

K_1 = Dosis 5 g/polibag

K_2 = Dosis 10 g/polibag

K_3 = Dosis15 g/polibag

Dengan demikian terdapat 12 kombinasi perlakuan yaitu

K_0K	K_0B	K_0V
K_1K	K_1B	K_1V
K_2K	K_2B	K_2V
K_3K	K_3B	K_3V

U

T

A

R

A

S

E

L

T

A

N

30 cm

K_1V

K_0B

K_0K

K_3V

K_1B

K_0V

K_2K

K_3B

K_1K

K_0V

K_2B

K_3K

K_2V

K_0V

K_2B

K_2K

K_3K

K_0K

K_3V

K_1B

K_3K

K_1V

K_0B

K_1K

K_0K

K_2B

K_0V

K_2K

K_0B

K_3V

K_1K

K_1V

K_1K

K_3B

K_2V

K_0 : Tanpa Pemupukan K_2 : Pemberian Dosis Pupuk 10 g/polibag

K_1 : Pemberian Dosis Pupuk 5 g/polibag K_3 : Pemberian Dosis Pupuk 15 g/polibag

Gambar 4.2
Tata Letak Percobaan

5.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Sanglah (RSUP) yang terletak di Denpasar Bali. Pengujian sampel limbah cair dilakukan di beberapa laboratorium yang telah bersertifikasi seperti: laboratorium Rumah Sakit Umum

Pusat Sanglah (RSUP), laboratorium Forensik Polda Bali, Laboratium Fakultas MIPA Universitas Gajah Mada. Pengujian tanaman dilakukan di Fakultas Pertanian Universitas Warmadewa di Denpasar Bali.

Waktu penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap yaitu: penelitian lapangan (pengambilan sampel), penelitian laboratorium (pengujian sampel), penelitian tanaman (respon tanaman). Penelitian lapangan dilakukan mulai tanggal l5 Mei 2009 dilanjutkan tanggal 28 Desember 2010, uji laboratorium mulai tanggal 20 Mei 2009 dilanjutkan 20 April 2011 dan penelitian tanaman dilakukan tanggal 10 April 2012 sampai selesai.

5.3 Ruang Lingkup Penelitian

5.3.1 Proses teknologi

1. Tahapan proses perlakuan (pre treatment, treatment, stabilisasi)
2. Perlakuan biologi (pH, suhu, oksigen, F/M, *Resirkulasi sludge*)

5.3.2 Potensi limbah cair.

1. Kualitas limbah cair pada masing–masing tahapan proses perlakuan.
2. Karakteristik limbah cair pada tahap stabilisasi.
3. Jumlah komponen bahan baku pupuk.

5.3.3 Respon tanaman.

1. Pertumbuhan tanaman
2. produktivitas tanaman

5.4 Penentuan Sumber Data

Penentuan sumber data dilakukan berdasarkan tujuan penelitian yang meliputi :

5.4.1 Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah (RSUP) (Gambaran umum).

5.4.2 Di Wilayah instalasi pengolahan limbah cair (IPAL).

5.4.3 Pada tahapan proses perlakuan teknologi (*Pretreatmen, treatmen, stabilisi).*

5.4.4 Pada tahap stabilisasi (potensi bahan baku pupuk).

5.4.5 Percobaan tanaman (respon tanaman).

5.5 Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri tiga faktor yaitu : proses teknologi, potensi limbah cair dan respon tanaman. Beberapa variabel penelitian seperti dibawah ini

5.5.1 Variabel proses teknologi

- *Pre treatment, treatment, stabilisasi* (tahapan proses).
- Oksigen, F/M, *resirkulasi sludge* (perlakuan biologi).

- **Variabel potensi limbah cair.**

1. Sifat fisik, kimia, biologi (kualitas limbah.cair).
2. BOD, COD, TSS, amonium, nitrat, nitrat (karakteristik limbah cair).
3. Padatan tersuspensi, padatan terlarut, efluen (bahan baku pupuk).

4.5.3 Variabel respon tanaman.

1. Pertumbuhan tanaman (Tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun,).
2. Produktivitas tanaman (berat basah daun, berat kering oven daun, berat kering oven total tanaman).

Bahan baku Pupuk Cair

Variabel: Efluen dan zat padat terlarut,tersuspensi

Parameter:
BOD,F/M rasio,aerasi T/MPertumbuhan dan hasil tanaman

Proses Teknologi

Variabel: Proses dekomposisi, proses aerasi,proses stabilisasi

Parameter :
kandungan/tingkat efisiensi BOD,/COD, F/M rasio (nutrient), jumlah oksigen , waktu aerasi, pengairan/tekanan air.

Tabel 4.1
Variabel dan indikator penelitian

	Proses teknologi	**Potensi**			**Respon Tanaman**
		Kualitas limbah limbah cair	Karakteriistik limbah cair	komponen limbah cair	
Variabel	Tahapan proses dan perlakuan biologi	Fisik, kimia, biologi	BOD,COD, TSS,amoinum, nitrat, nitrit.	Padatan tersuspensi, padatan terlarut, efluen	Tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat basah daun dll
Indikator	Konsep teknologi	Kandungan unsur fisik, kimia, bilogi.	Kandungan Bahan organik.	Bahan baku pupuk	PertumbuhanProduksi tanaman.

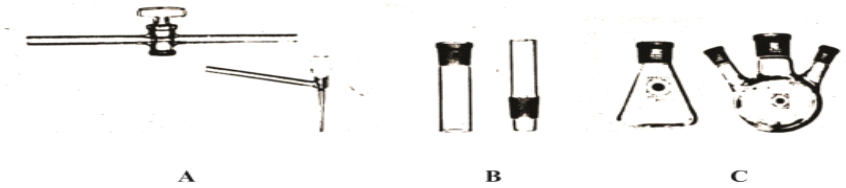
5.6 Bahan dan Alat

Bahan dan alat penelitian dibagi dua yaitu penelitian respon tanaman dan untuk penelitian limbah cair. Pupuk biosugih, pupuk Hyponex, bahan baku pupuk biodetox, polybag

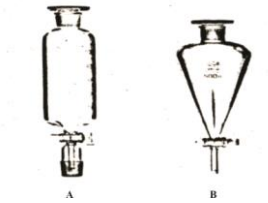
hitam, meteran, bibit tanaman, kertas millimeter, ember, pasir, air PDAM adalah bahan dan alat yang digunakan untuk penelitian respon tanaman,

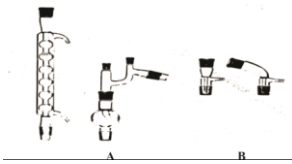
Bahan yang digunakan dalam penelitian limbah cair adalah bahan kimia larutan buffer, reagen, $KMnO_4$, pH, aquades, styrofoam box, dan es balok, sampel tanah pada jarak 0,5 dan 1 meter dari rumah sakit. Alat penelitian yang digunakan untuk menganalisis limbah cair disajikan pada Tabel 4.2. Alat yang digunakan di laboratorium untuk pengujian limbah cair seperti gambar dibawah ini.

4.7 Instrumen Penelitian

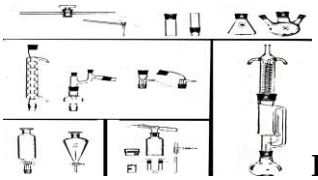


Keterangan : a) 2 jenis kran, masing-masing terbuat dari kaca dan plastic Teflon b) 2 bagian sambungan yang tergosok. c) Gelas COD dan gelas bulat yang tahan panas.

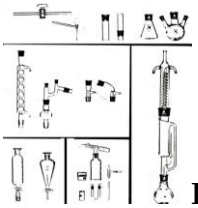




Keterangan : a) Alat pendingin kondensor b) Jenis alat penangkap tetes uap.



Keterangan : a) Reservoar cairan b) Cerobong (gelas) pemisah.



Keterangan : a) Gelas dispenser b) Gelas U untuk pengeringan gas atau udara c) Pompa jet air.

Keterangan : Alat ekstraksi soxhlet.

Tabel 4. 2
Alat untuk menganalisis kualitas limbah cair

No	Alat/ instrument	Kegunaan
1	Timbangan	Menimbang sampel
2	Pengaduk	Mengaduk sampel
3	Pemanas	Memanaskan sampel
4	Oven	Mengeringkan sampel

5	Furnace	Oven khusus dengan suhu tinggi
6	Incubator	Tempat menumbuhkan bakteri
7	Incubator BOD	Analisa sample BOD
8	Kulkas dan freezer	Mengawetkan sampel
9	Sterilisator	Untuk membasmi bakteri
10	Pompa vakum udara	Untuk mengosongkan udara pada gelas
11	pH/mV dan elektroda	Titrasi asam dan basa
12	Turbiditimeter	Mengukur kekeruhan
13	Coductivitimeter	Mengukur DHL
14	Dissolved Oxygen Demand	Mengukur oksigen terlarut
15	Colony counter	Mengukur jumlah koloni bakteri
16	Spektrofotometer	Untuk menentukan kadar ion logam, kation, detergen, kekeruhan, zat organis terlarut, besi
17	Atomic Absorption Spectrophotometer	Ion-ion logam terlarut
18	Water still	Penyulingan air
19	Mesin pusingan	Memisahkan zat padat dari larutan
20	Jam kronometer	Waktu percobaan

4.8 Prosedur Penelitian

Sebelum dilakukan penelitian dilakukan observasi di Wilayah instalasi pengolahan air limbah Rumah Sakit Pusat Sanglah (RSUP) di Denpasar Bali, terkait aktivitas, jumlah limbah, kapastas yang dimiliki, teknolgi pengolahan limbah yang dipergunakan. Tahapan jalannya penelitian terdiri dari 3 tahap yaitu :

4.8.1 Tahap pertama (Proses teknologi)

- Mengidentifikasikan tahapan proses teknologi (pretreatmet, treatment, stabilisasi).
- Mengukur perlakuan biologi yang diberikan (pH, suhu, oksigen, F/M, tekanan air (*resirkulasi sludge*).

4.8.2 Tahap kedua (Potensi limbah cair)

- Penentuan stasiun pengamatan.

  Penentuan stasiun pengamatan berdasarkan tahapan proses perlakuan teknologi pengolahan limbah. Stasiun pengamatan pre treatment (Stasiun A), treatment (Stasiun B), stabilisasi (Stasiun C) dan aerasi (stasiun D)

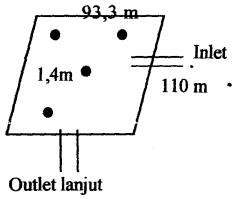
- Penentuan titik pengambilan sampel.

  Penentuan titik dilakukan dengan metode sistematik bertingkat tidak pada satu garis lurus (*stratified systematic miligned sample*), sehingga sampel air di bawah, di atas, di samping, dan di tengah terwakili. Hal-hal yang harus dihindari seperti turbulensi oksigen sampel diambil tidak terdapat akumulasi tanaman air, tidak pada tepian fisik bangunan kolam dan tidak terdapat unsur-unsur penghambat analisis.

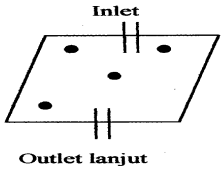
- Pengambilan sampel limbah cair dilakukan seperti di bawah ini.

  - Keterangan :
- = Titik sampel
- __ = Masuknya limbah
- __ = Keluarnya
  - limbah
- Kedalaman 1,4 m
- Lebar 93,3 m
- Panjang 110 m

- Pengambilan sampel air pada stasiun A (kolam equalisasi)

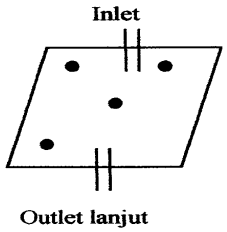


-

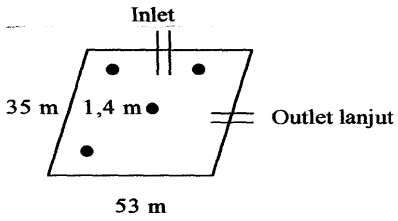


- Pengambilan sampel air pada stasiun B (kolam aerasi) berbatasan dengan kolam sedementasi dan equalisasi dengan jarak 1 meter dari kolam stabilisasi.

- Pengambilan sampel pada stasiun C (kolam stabilisasi).



- Pengambilan sampel pada stasiun D (kolam sidementasi dan aerasi).



Teknik pengambilan sampel air ini telah disesuaikan berdasarkan *Standar Methode for the Examination of Water and Waste Water* (Rand, *et al*, 1975), dan Standar Nasional Indonesia (SNI, 2004). Pengambilan sampel air dilakukan dengan metode komposit untuk menjaga homogenitas sampel. Waktu pengambilan sampel antara pukul 09.00 - 12.00 Wita sebanyak empat kali ulangan selama 2 bulan pada 4 stasiun. Sehingga sampel yang bisa diambil sebanyak 32 sampel. Alat yang dipakai adalah chammer water sampler, jerigen, thermos box dan styrofoam yang berisi es.

- Pengujian sampel limbah cair, diambil dari masing-masing tahapan proses perlakuan biologi. Kemudian dilakukan pengujian di laboratorium terhadap parameter kualitas air seperti: parameter fisik, kimia dan biologi. Pengukuran sampel ada dua yaitu pengukuran yang dilakukan di lapangan terutama sampel yang tidak bisa diawetkan. Pengukuran dilakukan di laboratorium untuk sampel yang bisa diawetkan. Hasil uji akan menentukan karakteristik limbah cair rumah sakit. Sebelum dianalisis sampel mendapat perlakuan inkubasi dan pengawetan seperti: Tabel 4.3.

Tabel 4.3
Pengawetan beberapa sampel Limbah cair

Analisa	**Volum Sampel**	**Cara pengawetan**	**Waktu pengawetan maksimum anjuran/batasan**
Alkaliniti	200	Didinginkan	1/14 hari
BOD	1000	Didinginkan	6 jam/14 hari
CO_2	10	Dianalisa segera	0
COD	100	Ditambah H_2SO_4 sp pH<2	7/28 hari
DHL	500	Didinginkan	28 hari
Fosfat $PO^3{}_4{}^{-2)}$	100	Penyaringan: segera : lalu dibekukan pada – 10^0 C	2 hari
Kekeruhan	-	Disimpan di tempat gelap	½
Kesadahan $C_a{}^{2+}$ Mg^{2+}	100	Di tambah HNO_3 sp pH <2	6 bulan
Klor Cl_2	500	Dianalisa segera	0,5/2 jam
Logam [3])	-	Penyaringan segera ditambah HNO_3 sp pH<2	6 bulan
Nitrogen-amoniak NH_3	500	Dianalisa segera, atau ditambah H_2SO_4 sp pH<2 dan didinginkan	7/28 hari
Nitrat $NO^-{}_3$	100	Ditambah H_2SO_4 sp pH<2 dan didinginkan	2 hari
Nitrat + nitrit	200	Dianalisa segera, atau dibekukan – 20^0 C	0/28hari
Nitrit $NO^-{}_2$	100	Dianalisa segera, atau dibekukan pada – 20^0C	0/2 hari
Nitrogen Kjeldahl	500	Didinginkan, atau ditambah H_2SO_4 sp pH <2	7/28 hari
Oksigen O_2[4])	300	Cara elektroda khusus: Dianalisa segera Cara titrasi Winkler :	0,5/1 jam 8 jam

		Dianalisa segera, atau ditambah $H_2 SO_4$ sp pH <2	
Ph	100	Dianalisa segera	2 jam
Suhu	-	Dianalisa segera	-
Warna	500	Didinginkan	2 hari
Zat Tersus_ Pensi	200	Didinginkan	7/14 hari

Sumber : Standar National Indonesia 2006

Hasil pengukuran kemudian dibandingkan standar baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 dan berdasarkan standar mutu air golongan D (Kepmen KLH No -02/MENKLH/1/ 1988),.

- Menghitung jumlah komponen
  - Menghitung jumlah limbah meliputi: aliran air limbah, volume kolam aerasi, total padatan influen, padatan tersuspensi influen, BOD influen.
  - Menghitung jumlah komponen bahan baku pupuk meliputi: Total suspended solid efluen, padatan tersuspensi efluen, BOD efluen dan MLSS (*mixed liquid suspended solid).* yang diambil dari kolam sidementasi, aerasi dan buangan lumpur (*sludge*).
  - Membandingkan parameter karakteristik air limbah dengan standar baku mutu untuk bahan baku pupuk.

4.8.3 Tahap ketiga (Respon tanaman).

1. Persiapan awal

   Media pasir yang akan digunakan disterilkan terlebih dahulu dengan air panas dengan suhu 80 ^{0}C dan direndam selama 20 menit kemudian dikeringkan. Setelah kering media tersebut dimasukan ke dalam polybag hitam lalu ditimbang dengan berat

masing-masing sebesar 10 kilogram. Setelah media siap dalam polybag lalu ditempatkan pada rak-rak sesuai dengan ulangan.

Sistem hidroponik yang dipergunakan dalam percobaan ini adalah metode “Sub surface” metode ini merupakan peresapan dari bawah dengan menggunakan pot ganda. Pot bagian bawah (ember plastik) berfungsi sebagai wadah larutan sedangkan pot bagian atas (polibag hitam) sebagai tempat media tanaman yang bagian bawahnya berlubang.

2. Persemaian Benih

Pesemaian benih dilakukan dengan menggunakan bak semai. Media tanaman digunakan pupuk kandang, tanah dan pasir dengan perbandingan 1:1:1. Benih ditabur dipersemaian dengan hati-hati dan berbaris, jarak barisan 4-5 cm. penyiraman dilakukan 1-2 kali sehari. Setelah bibit berumur 20 hari setelah sebar bibit dipindahkan ke dalam okeran bibit baru dipindahkan ke hidroponik setelah berumur 30 hari.

3. Penanaman

Bibit sayur dipindahkan ke media hidroponik setelah berumur 10 hari masing-masing polibag diisi satu tanaman penyulaman dilakukan selambat-lambatnya satu minggu sekali.

4. Pemberian Larutan air dan bahan baku pupuk.

Pemberian air dilakukan sampai seperempat bagian media terendam. Pemberian pupuk dilakukan dua kali dalam seminggu. Pemberian dosis bahan baku pupuk diberikan berdasarkan anjuran dan pra penelitian. Berdasarkan hal tersebut maka dosis bahan baku pupuk biodatex, biosugih dan hyponex diberikan untuk taraf K_0, K_1, K_2, K_3,

berturut-turut 0 g / polibag, 5 g/ polibag, 10 g/ polibag dan 15 g/ polibag. Untuk pemberian perlakuan dosis setiap jenis pupuk diperlakukan sama.

5. Pemberantasan Hama dan Penyakit

Untuk mencegah penyakit busuk daun yang disebabkan oleh phytoptora infestans serta penyakit lainya yang disebabkan oleh jamur, selama pertumbuhan dilakukan penyemprotan dengan Dithance M-45 dengan konsentrasi 2 cc/liter air setiap dua minggu sekali sesuai dengan tingkat serangan. Untuk mencegah tanaman terserang serangga maka insektisida yang digunakan adalah Azodrim 15 dengan konsentrasi 3 cc/liter air dilakukan setiap minggu sekali.

6. Pemungutan Hasil

Panen sayuran dilakukan apabila daun sudah melebar penuh dan warnanya hijau. Periode panen dilakukan 2-3 hari sekali.

7. Pengamatan dan Pengumpulan Data

Pengamatan terhadap parameter pertumbuhan dan hasil tanam dilakukan setiap minggu sekali setelah tanam berumur 1 minggu sejak penanaman.

Parameter-parameter yang diamati :

- Tinggi tanaman (cm^2)

  Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setelah tanaman berumur 1 minggu di pot, dan selanjutnya dilakukan setiap minggu sekali dengan mengukur mulai dari permukaan media sampai titik tumbuh yang tertinggi.

- Jumlah daun pertanaman (helai)

  Pengamatan jumlah daun dilakukan seminggu sekali sampai tanaman dipanen. Daun yang dihitung adalah daun yang telah membuka penuh dan masih hijau.

- Luas daun per tanaman (cm^2)

  Dalam pengukuran luas daun digunakan metode panjang x lebar x konstanta, nilai konstanta ini diperoleh melalui perhitungan dengan kertas millimeter blok, nilai konstanta (K) diperoleh sebagai hasil bagi besarnya luas daun pada kertas millimeter dengan hasil kali panjang dan lebar daun. Pengamatan luas daun dilakukan pada umur 10 hari setelah tanam (hst), 20 hst, dan 30 hst.

- Berat segar tanaman (g)

  Pengamatan berat segar dilakukan dengan menimbang daun sayuran yaitu daun setelah panen.

- Berat segar akar tanaman (g)

  Pengamatan berat akar tanaman dilakukan setelah tanaman panen dengan menimbang akar tanaman.

- Berat segar total tanaman (g)

  Pengamatan berat segar total tanaman dengan menimbang akar dan daun tanaman setelah panen.

- Berat kering oven daun per tanaman (g)

  Pengamatan berat kering oven tanaman dilakukan setelah panen dengan mengoven tanaman sampai 80^0C kemudian ditimbang.

- Berat kering oven akar per tanaman (g)

  Pengamatan berat kering oven akar dilakukan pada saat setelah panen, dengan mengoven akar tanaman sampai 80^0C kemudian ditimbang.

- Berat kering oven total tanaman (g)

Pengamatan berat kering oven total tanaman dilakukan dengan mengoven akar dan daun sampai sampai 80 ^{0}C kemudian ditimbang.

4.9 Metode Pengolahan Data Hasil Penelitian.

Metode pengolahan data hasil penelitian menggunakan metode Diskriftif (analisis), comparatif (perbandingan) dan asosiatif (pengaruh,perbedaan dan hubungan) (Cresswell, 2009) disajikan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4
Analisis data hasil penelitian

Tujuan peneltian	Sumber data	Metode
• Gambaran umum.	Rumah Sakit Sanglah	- Diskriptif
• Proses teknologi	- Perlakuan biologi Pretreatment (stasiun A) Treatment (stasiun B) Stabilisasi (stasiun C) Tahap akhir (stasiun D)	- Diskriftif - comparatif.
3) Potensi limbah cair	- Kualitas limbah cair, - Karakteristik limbah cair, - Jumlah komponen.	- Comparatif - Membandingkan standar bahan baku pupuk. - Perhitungan teknis
4) Respon tanaman	Percobaan Tanaman	- Asosiatif Uji statistik

4.10 Analisis Hasil Penelitian

Analisis hasil penelitian dilakukan analisis variabel proses teknologi, analisis variabel potensi limbah cair dan analisis variabel pertumbuhan dan hasil tanaman (Sugiyono, 2012).

4.10.1 Proses teknologi.

Untuk menggambarkan proses operasional dilakukan analisis variabel pada setiap tahapan proses perlakuan biologi dengan mengukur, pH, suhu, oksigen, F/M, tekanan air (*resirkulasi sludge*) dan waktu tinggal limbah.

4.10.2 Potensi limbah cair.

Analisis variabel penelitian kualitas limbah cair hasil proses teknologi dilakukan dilaboratoium disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5
Analisis variabel kualitas limbah cair

No	Parameter	Satuan	Metode Analisis
A.	**Fisika**		
1.	Suhu	^{o}C	Pemuaian
2.	Kekeruhan	NTU	Potensiometrik
3.	Padatan tersuspensi	mg/l	Spektrofotometrik
4.	Padatan terlarut	mg/l	Gravimetri
5.	Warna	TCU	-
6.	Bau	-	-
B.	**Kimia**		
7.	PH	-	Potensiometrik ektroda hydrogen
8.	Fe	mg/l	Phenantrolin
9.	Mn	mg/l	Potensiometrik
10.	Sulfida	mg/l	Spektrofotometrik
11.	Chlorida	mg/l	DPD
12.	Amonia	mg/l	Spektofofotometrik kjedahl
13.	Nitrat	mg/l	Spektofotometrik brusin Spektofotmetrik Sulfanilat
14.	Nitrit	mg/l	Titrimetrik winkler
15.	DO	mg/l	Titrimetrik winkler Titrimetrik bicromat

16.	BOD	mg/l	Titrimetrik winkler
17.	COD	mg/l	Ekstraksi
18.	Deterjen	mg/l	Amm-Molydat
19.	Minyak	mg/l	
20.	Phosphat	mg/l	
C.	**Biologi**		
16	Coliform	Mpn/100ml	MPN

Sumber : Balai Laboratorium Rumah Sakit Sanglah, 2010

Menurut Hamer (2001) tidak semua parameter harus diukur dan dianalisis hal ini sesuai dengan tujuan penanganan limbah cair. Analisis karakteristik limbah cair disajikan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6
Analisis variabel karakteristik limbah cair

No	Parameter	Satuan	Metode Analisis
A.	**Fisika**		
1	Padatan tersuspensi	mg/l	Spektrofotometrik
2	Padatan terlarut	mg/l	Gravimetri
B.	**Kimia**		
1	Amonia	mg/l	Spektofotometrik kjedhal
2	Nitrat	mg/l	Spektofotometrik brusin
3	Nitrit	mg/l	Spektofotometrik sulfanilat
4	BOD	mg/l	Titrimetrik winkler
5	COD	mg/l	Titrimeterik bicromat

Sumber: Laboratorium daerah, 2010

Limbah cair, terdiri dari beberapa partikel koloidal seperti butiran kasar dan halus yang bersumber dari bahan buangan organik dan anorganik. Dalam limbah cair terdapat padatan tersuspensi, padatan terlarut, koloidal yang dapat menunjukkan jumlah komponen partikel bahan baku pupuk seperti terlihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7
Analisis zat padat

Klasifikasi Zat Padat	Prinsip Analisis
Zat Padat Total = Total Solids = Residu Total	Sampel dikeringkan pada 105^0 C
Zat Padat Terlarut = Total Dissolved Solids = Residu Terlarut	Sampel disaring dengan filter kertas cairan yang lolos dikeringkan pada 105^0C hingga garam-garam akan mengendap (presipitasi) dahulu; sebetulnya juga termasuk zat koloidal
Zat Padat Tersuspensi = Total suspended solids = Residu Suspensi	Sampel disaring dengan filter kertas; filter yang mengandung sat tersuspensi dikeringkan pada 105^0C selama 2 jam
	Sampel disaring pada filter kertas khusus atau fiber glass; filter kertas atau fiber glass yang mengandung zat tersuspensi dikeringkan dalam furnace pada 550^0C Selama 1 jam; semua zat organis hilang sebagai gas H_2O dan CO_2
Zat Padat Tersuspensi Inorganis = Non Volatile Suspensiat Solids NVSS = Sisa Pemijaran = Residu Terikat	Seperti di atas ; Zat Tersuspensi= Zat Tersuspensi Inorganis + Zat Tersuspensi Organis; setelah pembakaran hanya zat inorganis yang tersisa.

Sumber; Standar National Indonesia (SNI), 1991

Untuk mengetahui jumlah bahan baku pupuk yang dihasilkan dari proses teknologi pengolahan limbah cair dilakukan analisis perhitungan pada masing-masing kolam seperti dibawah ini.

Kolam Sedimentasi =

Q = Laju air (m^2 / jam)

Q_c = Ketinggian

Y = Efluent (BOD dan TSS) Terikat padatan.

S_o = Keluar sedimen I (BOD) Terikat padatan.

S = Keluar Sedimen I (Suspeded solid) Terikat efluent

X = MLSS (Mixed Liquar Suspendet Solid)

K_d = Luas kolam

Y_{obs} = Pertambahan MLSS

Kolam aerasi =

Q = Laju akhir (m^3/jam)

Q_c = Ketinggian

Y = Efluent (BOD dan TSS) terikat padatan

S_o = Keluar Sedimen I (BOD) Terikat padatan.

S = Keluar Sedimen I (Suspeded solid) Terikat efluent

X = MLSS (Mixed Liquar Suspendet Solid)

K_d = Luas kolam

Kolam stabilisasi =

Efisiensi pengolahan berdasarkan BOD terlarut dengan formula sebagai berikut:

BOD = Yang terikat padatan

BODL = Yang terlarut efluent (Sumber: Nugroho, 1999)

Jumlah buangan lumpur aktif : Y_{obs} =

Y = Efluent (mg)

$K_d = Q_c$ = Luas Kolam Waktu

Analisis hasil penelitian diolah secara statistika dengan menggunakan analisis sidik ragam sesuai dengan rancangan yang digunakan. Pertama- tama dilakukan uji keragaman sehingga diperoleh sidik ragam. Jika perlakuan berpengaruh nyata, maka analisis dilanjutkan untuk mencari pengaruh tunggal dari masing-masing faktor dengan uji Duncan pada taraf 5% .

BAB V

ANALISIS PENANGANAN LIMBAH CAIR DOMESTIK

5.1 Gambaran Umum

Jumlah limbah cair Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah (RSUP) sebanyak 16.000 m^3/hari dengan 1,256 orang karyawan. Sekitar 52,93% dari 1.184 tempat tidur =144 pasien atau 1.500 orang yang melakukan aktifitas yang berhubungan dengan penggunaan 26.000 m^3 air bersih yang kemudian menjadi limbah. Jenis kegiatan dan fasilitas yang dimiliki Rumah Sakit Sanglah selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.1 .

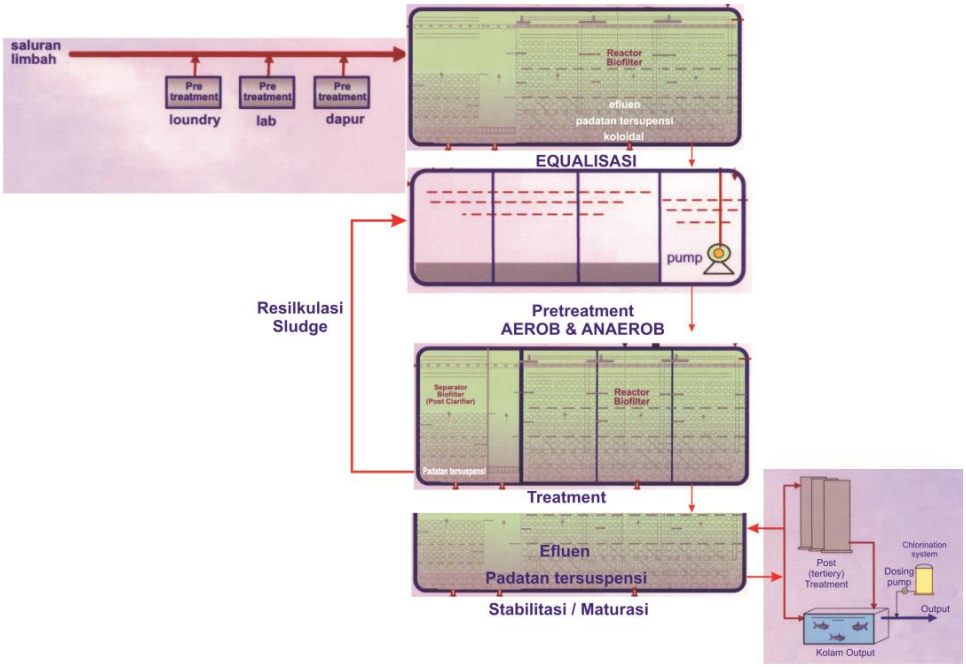
Tabel 5.1
Informasi umum kegiatan Rumah Sakit Sanglah

No	Deskripsi	Besaran	Satuan	Keterangan
1	Luas Lahan	4.000	m^2	
2	Luas Bangunan	1.200	m^2	
3	Jumlah Tempat Tidur	1.184	TT	Tempat Tidur
4	BOR (Bed Occupancy Rate)	52.93	%	Desember 2009
5	Jumlah Pasien Rawat Jalan/Hari	1.342	Orang	Desember 2009
6	Jumlah Karyawan	1.256	Orang	Desember 2009
7	Konsumsi Air Per Hari	26.000	$m^{3/}$hari	Desember 2009
8	Penggunaan Daya Listrik	3.521	KWH	Rata-rata/hari
9	Kapasitas IPAL/Jam	130	$m^{3/}$jam	
10	Kapasitas Incinerator	1	$m^{3/}$jam	

Sumber: Rumah Sakit Sanglah, Desember 2009

Produksi 16,000 m^3 air limbah per hari hanya membebani 30% dari kapasitas terpasang IPAL Rumah Sakit Sanglah sebesar 130 m^3/jam. Limbah bersumber dari kegiatan unit pelayanan seperti: kantor administrasi, kantor gudang logistic, tempat cuci, laboratorium, radiologi, farmasi, dapur gizi, kamar jenazah, tempat medis dan kantin. Kegiatan unit tindakan seperti: ruang sterilisasi, ruang anastesi, ruang rawat inap, rawat jalan, rawat darurat, rawat intensif, termodialisa, bedah sentral, kamar mandi khusus dan ruang pertemuan.

5.2 Proses Teknologi



Gambar. 5.12
Mekanisme proses teknologi biodetox

5.2.1 Tahapan proses

Tahapan proses *pretreatment*, limbah cair yang berasal dari kegiatan *laundry,* dapur, kantin, laboratorium, ditampung dalam kolam *equalizer anaerob* disini terjadi proses dekomposisi.. Kemudian limbah cair diteruskan ke kolam konvensional disini terjadi proses fermentasi (anaerob dan aerob). Proses yang berlangsung pada kelompok mikrobia ini dapat disederhanakan sebagai berikut :

Anaerob: Bahan Organik + NO_3 $CO_2 + H_2$ + energi

Bahan Organik + SO_4 $CO_2 + H_2S$ + energi

Bahan Organik asam organik + $CO_2 + H_2O$ + energi

Asam Organik $CH_4 + CO_2$ + energi

Tahapan proses treatment/ aerasi yaitu penambahan oksigen disini akan terjadi pemisahan limbah dari partikel koloidal, padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Proses yang berlangsung pada kelompok mikrobia ini dapat disederhanakan sebagai berikut :

Aerob : Bahan Organik + oksigen $CO_2 + H_2O$ + energi

Tahap stabilisasi terjadi pemisahan komponen partikel limbah cair dan juga kehilangan berat masa sangat kecil, karena mikroorganisme makroflora dan makrofauna akan mendegradasi masa yang kecil. Pada tahap proses ini antagonisme antar mikroorganisme terjadi, dan reaksi kimia komplekpun terjadi antara residu lignin, limbah yang terdegradasi serta protein mikroba yang mati akan menghasilkan bahan baku pupuk dan senyawa yang lebih sederhana.

5.2.2 Perlakuan fisik, kimia dan biologi

Setiap tahapan proses diberikan perlakuan fisik, kimia seperti filtrasi, sidementasi, flokulasi, koagulasi bertujuan untuk menyederhanakan dan menghilangkan komponen bahan pencemar. Perlakuan biologi. Limbah cair mengandung mikroorganisme berdasarkan kebutuhan oksigen (*aerob dan anaerob*) dan bakteri heterotrof yaitu bakteri yang membutuhkan bahan organik untuk sumber carbon dan energi juga bakteri autotrof yang mengoksidasi senyawa anorganik untuk energi dan menggunakan CO_2 untuk sumber karbon. Keberadaan jenis mikroorganisme seperti: mikroflora, mikrofauna, makroflora dan makrofauna tergantung komposisi limbah cair dan kondisi lingkungan dimana limbah berada. Bila kadar air limbah cair mencapai level tertentu dan aerasinya cukup maka bioaktivitas mikroorganisme yang ada semakin cepat.

Disamping oksigen dan air, mikroorganisme memerlukan juga unsur karbon, nitrogen, fosfor, kalium dan unsur kehidupan yang lain, unsur tersebut sudah terdapat dalam komposisi limbah cair. Selama mikroorganisme melakukan proses dekomposisi, fermentasi dan mineralisasi, mikroorganisme mengalami pertumbuhan sel dan membebaskan O_2, air, senyawa organik yang lebih sederhana dan juga energi. Sebagian energi dimanfaatkan untuk proses metabolisme dan sebagian lainnya dibebaskan dalam bentuk panas. Untuk tetap terjaganya proses biologi tersebut dilakukan standar perlakuan biologi.

5.2.3 Perlakuan biologi

Tabel 5.2
Hasil pengukuran perlakuan biologi teknologi biodetox

Parameter	Perlakuan teknologi biodetox	Standar operasional teknologi pengolahan limbah cair
Periode aerasi	6 – 9 jam/hari	6-9 jam
Beban BOD	590 g/m^3/hari	500 – 800 g/m^3/hari.
Rasio F/M	0,24–0,5 g/BOD/hari/g MLSS	0,2-0,5 g/BOD/hr/g/MLSS
Resirkulasi sludge Total padatan	35 % 17%	95 % 25%
Padatan tersuspensi	78%	82%
Effisiensi BOD	88%	85%-95%
Umur sludge	8,2 hari	5-10 hari

1. Periode *aerasi* (oksigen).

Hasil perhitungan proses operasional teknologi limbah cair Rumah Sakit Pusat Sanglah dengan beban BOD 590 g/m^3/hari diberi perlakuan oksigen (*aerasi)* selama 7 jam/hari. Hal ini sesuai dengan standar operasional teknologi pengolahan limbah cair dengan beban BOD sebesar 500-800 g/m/hari diberikan perlakuan oksigen (*aerasi*) selama 6-9 jam/hari mampu mendukung proses bioasimilasi. Menurut Nugroho (1996) waktu untuk proses *aerasi (detention time)* pada sistem lumpur aktif berkisar 6-30 jam, kolam stabilisasi 9-14 hari tergantung tipe limbah dan jenis mikroorganisme dalam berinteraksi.

2. Makanan mikroorganisme *(Food/ Microorganisme)*.

Nilai F/M rasio diperoleh 0,24 g/BOD/hari/g/MLSS, Standar uji berkisar 0,24-0,50 g/BOD/hari/g/MLSS, hal ini menunjukkan jumlah nutrient yang teresedia dan populasi/keberadaan mikroorganisme yang ikut terlibat dalam proses degradasi bahan organik. Menurut BPPT (1996) rasio ini berkisar antara 0,05-1,00g/BOD/hari/g/MLSS dengan rasio umum antara 0,3-0,5 g/BOD/hari/g/MLSS.

3. Umur *sludge* (lumpur).

Umur sludge 8,2 hari (waktu tinggal limbah), ini menunjukkan jumlah air limbah, padatan terlarut, padatan tersuspensi dan koloidal yang masih berada dalam kolam proses, Untuk menjaga kualitas limbah cair yang baik umur sludge diharapkan 5-10 hari.

4. Resirkulasi sludge (tekanan air)

Nilai total padatan 17%, ini menunjukkan jumlah total partikel koloidal dan padatan tersuspensi yang terdapat dalam limbah cair. Total padatan yang diharapkan untuk bahan baku pupuk kurang dari 25% dari beban BOD.

5. Efisiensi padatan tersuspensi.

Efisiensi padatan tersuspensi 78%, ini menunjukkan jumlah padatan yang tidak terlarut dalam air. Padatan tersuspensi yang diharapkan untuk bahan baku pupuk kurang dari 82%. Padatan tersuspensi akan berpengaruh terhadap F/M rasio dan resirkulasi sludge (Fardiaz, 1998). Dari tahapan proses perlakuan biologi menghasilkan potensi limbah cair untuk bisa dimanfaatkan untuk bahan baku pupuk.

5.3 Potensi Limbah Cair.

Tabel 5.3
Hasil pengukuran
kualitas limbah cair Rumah Sakit Sanglah

		Lokasi pengambilan sampel				Maksimum diperbolehkan	
Parameter	Satuan	Sts A	Sts B	Sts C	Sts D	**Syarat Kualitas Air Proses Permenkes RI Nomor 416/MENKES/** PER/IX/1990	**Baku Mutu Air Gol. D. Kepmen KLH No. Kep-02/MENKLH/1/1988**
Sifat Fisik 1. Suhu	°C	28,17	29,05	28,90	28,87	Suhu Normal	Suhu Normal
2. Kekeruhan	NTU	818,30	449,53	294,77	185,68	100	150
3. Padatan Tersuspensi	mg/l	57,43	34,05	25,83	17,85	200	200
4. Padatan terlarut	mg/1	695,97	286,05	114,00	70,58	1000	1500
5. Warna	TCU	18,41	4,92	0,12	0,001	< 50	100
6. Bau		Bau	Bau	Tidak	Tidak	Tidak berbau	-

Tabel 5.3
Hasil pengukuran
Kualitas limbah cair Rumah Sakit Sanglah

Sifat Kimia 7. PH		7,00	7,00	7,07	7,20	6 – 8,5	5-9
8. Fe	mg/1	1,68	1,63	1,33	1,27	0,3	1,0
9. Mn	mg/1	1,31	1,31	1,13	1,13	-	-

10.Sulfida	mg/1	6,33	6,33	0,23	0,24	0,05	Nihil
11.Chlorida	mg/1	118,05	118,05	108,00	112,50	250	600
12.Amonia	mg/1	42,93	42,93	1,11	0,02	-	0,5
13.Nitrat	mg/1	6,96	6,96	4,27	4,12	10	10
14.Nitrit	mg/1	3,14	3,14	0,12	0,04	1,0	1,0
15.DO	Mg/l	16,83	16,83	14,57	18,03	> 4	> 3
16.BOD	Mg/l	38,52	38,52	22,26	18,89	20	20
17.COD	Mg/l	74,29	74,29	44,85	43,25	30	30
18.Minyak	Mg/l	39,75	39,75	29,04	12,35	Nihil	Nihil
19.Deterjen	Mg/l	0,50	0,50	0,00	0,00	0,02	0,025
20. Phosphat	Mg/l	115,77	115,77	74,82	63,13	0,2	0,2
Sifat Biologi 21.Fecal Coli Form	MPN/100 ml	2625	2225	1325	52	0	-

5.3.1 Kualitas limbah cair.

1. Hasil analisis variabel sifat fisik.

a. Suhu

Pengukuran suhu air diperlukan karena mempengaruhi reaksi kimia perairan dan juga kelarutan dari berbagai zat di dalam air (kienholz *et al.*, 2000). Pengukuran pada masing-masing stasiun didapatkan suhu berkisar antara 28,17 ^{0}C – 29,90 ^{0}C. Hasil tertinggi diperoleh pada stasiun C yaitu 28,90 ^{0}C, nilai terendah diperoleh pada stasiun A yaitu 27,25^{0}C. Suhu yang masih bisa ditoleransi oleh ikan dan mikroorganisme, tidak melebihi 28 ^{0}C dan 30 ^{0}C (PPNo 20 tahun 1990). Berdasarkan standar mutu air golongan D (Kepmen KLH No -02/MENKLH/1/ 1988), suhu rata-rata air limbah rumah sakit masih berada pada kisaran suhu maksimum yang diperbolehkan 26^{0}C – 29^{0}C.

b. Kekeruhan

Kekeruhan terjadi akibat adanya partikel koloidal dan partikel tersuspensi dari bahan pencemar organik yang terkandung dalam perairan (Rukaesih, 2004).

Pengukuran nilai kekeruhan pada masing-masing stasiun berkisar antara 818,30 NTU-185,68 NTU. Nilai tertinggi diperoleh pada stasiun A yaitu 818,30 NTU, nilai terendah diperoleh pada stasiun D yaitu 185,68 NTU. Nilai tersebut sudah melampui ambang batas baku mutu untuk kehidupan biota perairan, nilai maksimum yang perbolehkan 100 NTU (Permenkes RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1999).

c. Padatan tersuspensi

Padatan tersuspensi merupakan jumlah dan jenis bahan padat yang masuk ke air limbah yang tahan melapuk (Rao dan Mamata, 2004). Pengukuran padatan tersuspensi rata-rata pada masing-masing stasiun menunjukkan nilai berkisar antara 57,43 mg/1- 17, 85 mg/l. Nilai tertinggi diperoleh pada stasiun A yaitu 57,43 mg/l, nilai terendah diperoleh pada stasiun D yaitu 17,85 mg/l. Nilai tersebut belum melampui ambang batas untuk kehidupan biota terutama pada stasiun B, C dan D dianjurkan lebih kecil dari 200 mg/1 (Keputusan No. 02/MENKLH/1/tahun 1988).

d. Padatan terlarut

Zat padat terlarut merupakan padatan yang terdiri dari senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, mineral dan garam-garamnya (fardiaz, 1993). Pengukuran padatan terlarut pada masing-masing stasiun diperoleh nilai berkisar antara 695,97 mg/1- 70,58 mg/1. Nilai tertinggi diperoleh pada stasiun A yaitu 695,67 mg/l, nilai terendah diperoleh pada stasiun D yaitu 70,58 mg/l. Kadar maksimum yang diperbolehkan 1500 mg/l untuk kualitas Air Golongan D (pertanian). Untuk menggambarkan nilai kekeruhan, padatan tersuspensi, padatan terlarut pada masing masing tahapan proses perlakuan di paparkan pada gambar di bawah ini.

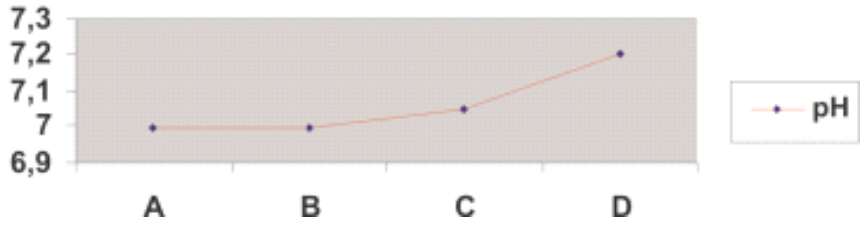
Gambar 5.1.
Kekeruhan, padatan tersuspensi dan padatan terlarut.

Gambar 5.1. menunjukkan nilai kekeruhan mengalami penurunan dari stasiun A yaitu 818,3 mg/1 menjadi 294,77 mg/1 pada stasiun C dan 185,68 mg/1 pada stasiun D. Nilai kekeruhan tertinggi diperoleh pada stasiun A di duga diakibatkan menumpuknya bahan organik limbah yang berasal unit kegiatan rumah sakit. Hal ini juga ditunjukkan oleh parameter warna yang tinggi yaitu 18,41 TCU (Tabel 5.2). Perlahan-lahan mengalami penurunan ke arah stasiun B, C dan D karena diduga mikroorganisme mesofil mulai mendegradasi bahan organik akibat tahapan proses aerasi dan perlakuan oksigen, hal ini ditunjukkan oleh suhu lingkungan berkisar 20 ^{0}C, kemudian dilanjutkan dengan perlakuan penambahan oksigen terutama pada stasiun D.

Nilai padatan terlarut cenderung mengikuti pola penyebaran kekeruhan dari stasiun A perlahan-lahan mengalami penurunan yaitu 695,97 mg/1 (stasiun A) menjadi 114 mg/1 stasiun C dan 70,58 mg/1 stasiun D. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kasmidjo (1996) bahwa kekeruhan padatan tersuspensi padatan terlarut warna merupakan parameter yang saling berkaitan.

2. Hasil analisis variabel sifat kimia.

a. Derajat kemasaman (pH)

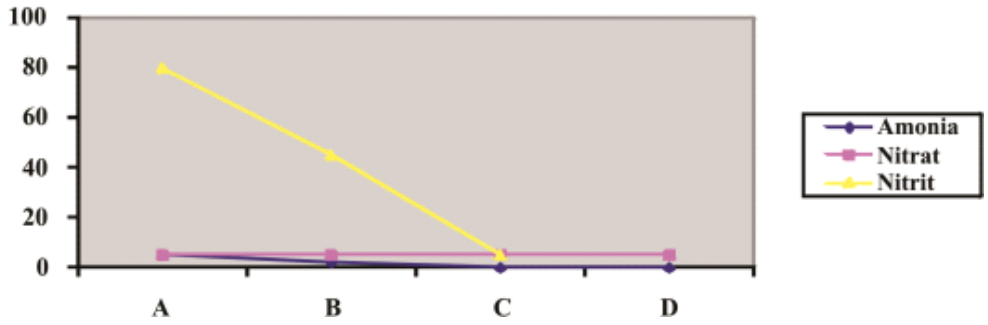


Derajat keasaman (pH) menunjukkan perubahan sifat fisik, kimia dan biologi akibat perlakuan dan proses yang terjadi di perairan (Saeni, 1989). Nilai tertinggi diperoleh pada stasiun D yaitu 7,20, nilai terendah diperoleh pada stasiun A yaitu 7,0 dan B yaitu 7,0. Standar baku mutu untuk aman dimanfaatkan 6-8,5. Pada Gambar 5.2 menunjukkan nilai pH mengalami fluktuasi tidak terlalu besar hampir merata. Kisaran pH 5-9 untuk kriteria kualitas Air Golongan D.

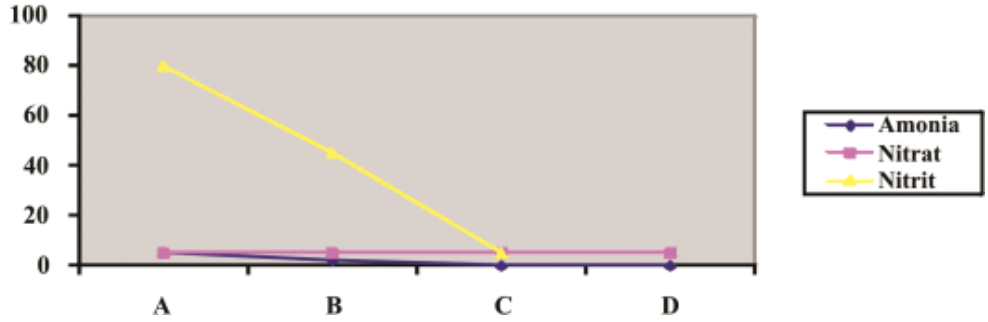
b. Amonia (NH_3), nitrit (NO_2), dan nitrat (NO_3)

Amonia (NH3), nitrit (NO2) dan nitrat (NO3) merupakan senyawa yang mengandung unsur nitrogen (N) yang sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme sebagai nutrient (Winarno, 1996). Nilai ammonia tertinggi diperoleh pada stasiun A yaitu 79,47 mg/1, Sedangkan nilai terendah terletak pada stasiun D yaitu 0,02 mg/1 (Tabel 5.3). Nilai nitrit tertinggi diperoleh pada stasiun A yaitu 0,30 mg/1 dan nilai nitrit terendah pada stasiun D yaitu 0,04 mg/1 (Tabel 5.2). Standar ammonia (0 mg/l), nitrat

(10 mg/l), nitrit (1,0 mg/l). Untuk menggambarkan Amonia, nitrit, nitrat dapat dijelaskan pada Gambar 5,3



Gambar 5.3
Amonia, Nitrat dan Nitrit



Gambar 5.4
Nilai Rata-rata DO, BOD, COD

c. *Disolved oxygen demand* (DO)

Oksigen diperlukan dalam berbagai bentuk untuk proses metabolisme yang menghasilkan energi dalam pertumbuhan dan reproduksi. Hasil pengukuran konsentrasi oksigen terlarut (DO) untuk masing-masing stasiun berkisar antara 7,2 mg/1 – 18,03. Nilai DO terendah terdapat pada stasiun A yaitu 7,2 mg/1 dan tertinggi pada stasiun D yaitu 18,03 mg/1. Standar DO (>4 mg/l) untuk aman dimanfaatkan yang ditunjukkan pada Tabel. 5.3.

d. *Biologi oxygen demand* (BOD)

Kebutuhan Oksigen Biologis (BOD) merupakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan seluruh bahan-bahan organik didalam air dalam waktu 5 hari dan dalam suhu 20 ^{0}C (Alaerts dan Santika, 1987). Dari hasil pengukuran nilai BOD, untuk masing-masinh stasiun diperoleh kisaran 65,97 mg/1– 18,89 mg/1 Nilai tertinggi BOD terletak pada stasiun A yaitu 65,97 mg/1 nilai terendah diperoleh pada stasiun D (Tabel 5.3). Standar baku mutu untuk aman bisa dimanfaatkan untuk tanaman 10-20 mg/l (Hammer, 2001).

e. *Chemical oxygen demand* (COD)

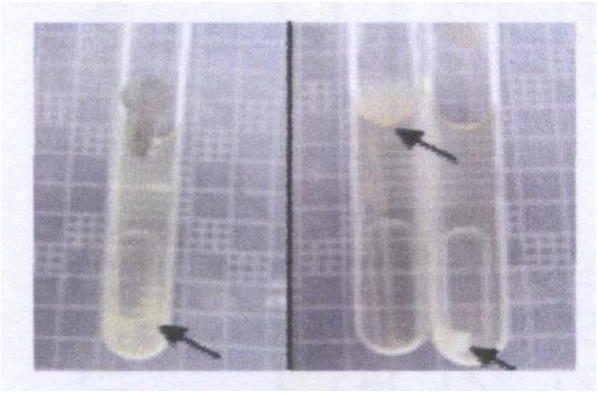
Kebutuhan oksigen kimiawi (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi zat-zat organik dan anorganik dalam suatu perairan. Hasil pengukuran nilai COD untuk masing-masing stasiun berkisar antara 133,5 mg/1 – 43,52 mg/1 (Tabel 5.3). Nilai tertinggi di peroleh pada stasiun A yaitu 133,5 mg/1 Nilai yang terendah terdapat pada stasiun D yaitu 43,25 mg/1 (Gambar). Standar baku mutu untuk aman bisa dimanfaatkan untuk tanaman 50-100 mg/l (Hammer, 2001).

f. Minyak dan detergen

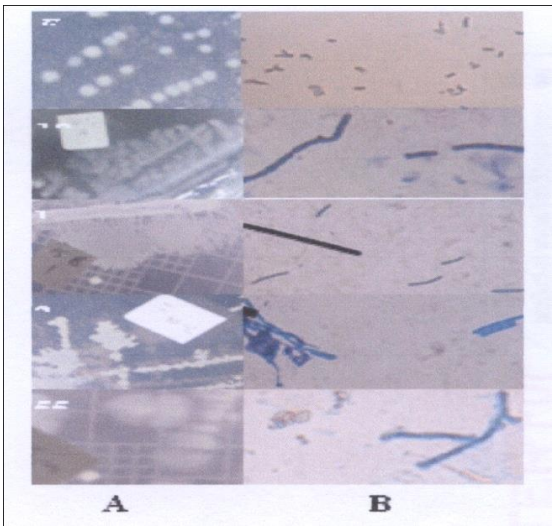
Minyak dan detergen merupakan bahan buangan limbah domestic yang berpengaruh terhadap penetrasi bahan organik dan anorganik. Hasil pengukuran minyak (lemak) dan deterjen pada masing-masing stasiun menunjukkan bahwa nilai tertinggi terletak pada stasiun A yaitu 85,75 mg/1 untuk minyak dan deterjen 0,65 mg/1 (Tabel 5.3). Nilai terendah diperoleh pada stasiun D yaitu sebesar 23,35 mg/1 untuk minyak dan 0 mg/1 untuk deterjen seperti ditunjukkan pada Tabel. 5.3

3. Hasil analisis sifat biologi

Nilai tertinggi diperoleh pada stasiun A yaitu 2625 MPN/100 ml yang ditunjukkan pada Tabel 5.3 ini diduga disebabkan akumulasi bahan organik dan protein yang merupakan bahan makanan untuk tumbuh kembangnya pathogen dalam air. Sedangkan nilai terendah terdapat pada stasiun D yaitu sebesar 52 MPN/100 ml (Tabel 5.3). Gambar 5.5 menunjukkan adanya penempelan (*Flokulasi*) akibat perlakuan klorinasi. Gambar 5.6 mennjukkan keterlibatan mikroorganisme aerobic untuk mendegradasi bahan organik dan protein.

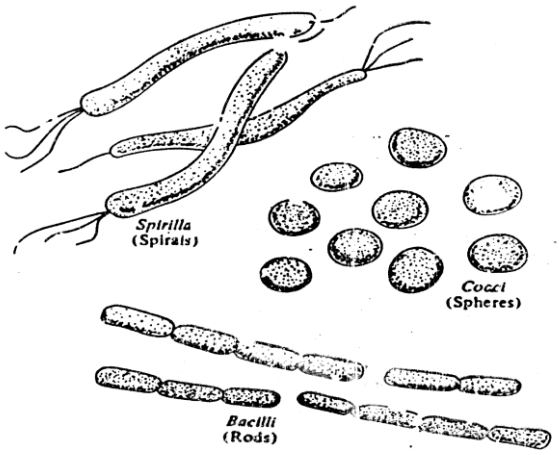


Gambar 5.5
Adanya Lendir Biofilm non Koliform
yang ditunjukkan Tanda Panah



Gambar 5.6
Bentuk sel bakteri pembentuk lendir biofilm
Secara makroskopis (A) dan mikroskopis (B)

Bakteri *coliform* adalah jenis bakteri *coli* yang di bedakan menjadi dua kelompok yaitu *coliform fecal* yaitu bakteri yang hidup secara normal pada usus manusia dan hewan, contohnya *Escherichia coli*, dan C*oliform non fecal* merupakan bakteri yang hidup pada hewan dan tanaman yang sudah mati, contohnya *Enterobacter aerogenes* (Fardiaz, 1992). Menurut Steel dan McGhee (1999), air minum yang mengandung *E. Coli* > 4 MPN/100 ml, dipastikan berasal dari pencemaran tinja manusia, kalau angka ini berkisar 0,7-2 MPN/ 100ml sumber pencemaranya berasal dari kotoran hewan. Selanjutnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.7
Bakteri limbah cair

5.3.2. Karakteristik limbah cair

Karakteristik limbah cair merupakan nilai parameter yang mendominasi parameter kualitas air. Kandungan bahan organik ditunjukkan oleh parameter seperti : Suhu, pH, BOD, COD, Amonia, TSS, Nitrogen, Fosfat, logam dan Bakteri. Sebagian besar parameter limbah cair yang diambil pada tahap stabilisasi (stasiun C) Tabel 5.4

Tabel 5.4
Hasil pengukuran
karakteristik limbah cair Rumah Sakit Sanglah

Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran	Standar Baku Mutu Bahan Baku Pupuk (Hammer, 2001)
Suhu	^{0}C	28,87^0	30^0 C
pH	-	6,9- 9,0	6,0- 9,0
TSS	Mg/l	70,53	5-50 mg/l
BOD	Mg/l	18,89	10-20 mg/l
COD	Mg/l	43,25	50-100 mg/l
Ammonium	Mg/l	1,11	42,11 mg/l
Fosfat	Mg/l	63,13	0,1-30 mg/l
Logam Berat Hg,Cd,Ni	•	0 0	Hg <0,001 mg/l, Cd < 0,01 mg/l, Ni < 0,02- 0,1 mg/l
Total Bakteri	MPN/100 ml	52	10.000 koloni /100 ml

1. Suhu.

Hasil pengukuran suhu diperoleh sebesar 28,87 pada tahap kolam stabilisasi. Suhu akan berpengaruh terhadap kualitas bahan baku pupuk (Gegner 2002). Standar Baku mutu untuk bahan baku pupuk parameter suhu adalah maksimum 30^0 C (Tabel 5.4).

2. *Biological oxygen demand* (BOD).

BOD menunjukkan adanya kandungan bahan organik limbah cair (Mikhelsen, 2000). Hasil pengukuran parameter BOD diperoleh sebesar 18,89 mg/l. Standar baku mutu limbah cair untuk bahan baku pupuk 10-20 mg/l (Tabel 5.4).

3. *Chemical oxygen demand* (COD).

COD menunujukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidant seperti: Kalium bicromat untuk menguraikan bahan organik menjadi gas CO_2 dan H_2O (Fardiaz, 1992). Hasil pengukuran nilai COD diperoleh sebesar 43,25 mg/l pada tahap stabilisas (Stasiun C). Standar baku mutu limbah cair hasil olahan teknologi untuk bahan baku pupk 50-100 mg/l (Tabel 5.4).

4. *Total suspended solid* (TSS).

TSS *(Total suspended solid)* menunjukkan adanya kandungan karbohidrat yang berukuran lebih besar dari 1 um yang tersuspensi. Menurut Efendi (2003) TSS adalah bahan-bahan tersuspensi dengan diameter > 1 um yang tertahan pada saringan millipore dengan diameter pori 0,45 um. Hasil pengukuran parameter TSS diperoleh sebesar 70,53 mg/l pada tahap kolam stabilisasi. Standar baku mutu limbah cair untuk bahan baku pupuk 5-50 mg/l (Tabel 5.4).

5. Derajat keasaman (pH).

Derajat keasaman merupakan suatu ukuran konsentrasi ion hidrogen air yang bereaksi asam atau basa. Hasil pengukuran diperoleh pH sebesar 7,02 pada kolam stabilisasi. Standar baku mutu untuk bahan baku pupuk parameter pH adalah 6,0- 9,0 (Tabel 5.4).

6. NH_3N (ammonium Bebas).

Amonium menunjukkkan adanya kandungan protein dalam limbah diperoleh sekitar 1,11 mg/l. Amonium diperairan berasal dari dekomposisi nitrogen organik seperti protein. Nitrogen

yang terdapat didalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik seperti tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati. Ammonia bebas dan klorin bebas akan saling bereaksi dan membentuk hubungan yang antagonis. Standar baku mutu limbah untuk bahan baku pupuk 42,11 mg/l (Tabel 5.4).

7. Fosfat.

Di perairan unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk elemen bebas melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang berupa partikulat (Barek, 2001). Hasil pengukuran phosfat diperoleh sebesar 63,13 mg/l pada tahap kolam stabilisasi. Fosfat banyak dibutuhkan oleh tumbuhan, hewan dan manusia yang mempunyai manfaat untuk mengaktifkan bekerjanya enzim ATP (*Adenosin Triphosphate*) dan ADP (*Adenosin diphosphat*). Secara alami fosfat dikeluarkan oleh manusia dan hewan dalam bentuk tinja dan air seni. Fosfat banyak digunakan untuk pupuk, sabun atau detergen dan bahan industri keramik, minyak pelumas, produk minuman dan makanan, katalis, Fosfat tidak toksik terhadap hewan dan manusia. Standar baku mutu untuk bahan baku pupuk 0,1-30 mg/l (Tabel 5.4).

8. Total bakteri.

Bakteri coliform total adalah nilai perhitungan dari banyaknya koloni bakteri *Escherichia, Citobacter,* dan *enterobakter* yang terdapat pada membran filter setelah dibiakkan selama 18-24 jam. Hasil pengukuran diperoleh 52 MPN/100 ml, baku mutu untuk limbah cair rumah sakit untuk parameter total bakteri adalah maksimum 10.000 koloni /100 ml air limbah (Tabel 5.4).

9. Logam berat

Unsur logam berat tidak diketemukan dalam limbah Rumah Sakit, akan tetapi harus diwaspadai. Adanya kandungan perak dan bromium pada proses pencucian film X Ray /Roentgent dan beberapa reagen pada pemeriksaan klinik dan sebagai bahan tambalan gigi. Unsur logam seperti: Fe (1,27 mg/l), Mn (1,13 mg/l), tidak semua merugikan untuk manusia dan hewan akan tetapi unsur logam juga dibutuhkan manusia untuk hidup seperti unsur seng, besi dan magnesium (Darmono,2001). Pada tanaman unsur tembaga (Cu) berperan sebagai penyusun plastocyanin yang berfungsi transport electron dalam proses fotosintesis. Seng (Zn) untuk membantu kerja enzim. Logam berat dapat diikat oleh air, tanah, udara dan mikroorganisme sehingga tidak dimasukkan dalam baku mutu rumah sakit akan tetapi perlu diwaspadai apabila dalam tingkat kadar yang lebih tinggi. Standar limbah cair hasil proses teknologi untuk pertanian Hg <0,001 mg/l, Cd < 0,01 mg/l, Ni < 0,02- 0,1 mg/l (Hammer, 2001).

5.3.3 Jumlah komponen dan unsur.

Tabel 5.5
Hasil pengukuran jumlah limbah cair

Deskripsi	Besaran	Satuan
Aliran air limbah	16.000	m^3/hari
Volume kolam aerasi	8.500	m^3
Total padatan influen	500	mg/l
Padatan tersuspensi influen	100	mg/l
BOD influen	173	mg/l
Padatan tersuspensi efluen	22	mg/l
BOD efluen	20	mg/l
MLSS	2.500	mg/l
Resirkulasi sludge	10.000	m^3/hari
Kualitas sludge	200	m^3/hari

1. Efisiensi *biological oxygen demand* (BOD)

Efisiensi BOD 88%, ini menunjukkan jumlah bahan komponen organik yang terdegradasi oleh mikroorganisme. efisiensi BOD yang diharapkan untuk suatu produk adalah kurang dari 75%. Nilai parameter BOD akan berpengaruh terhadap jumlah komponen dan unsur (Darmono, 2001). Gambar A,B,C, D dan E dibawah ini menunjukkan komponen bahan baku pupuk berupa koloidal, padatan terlarut, padatan tersuspensi dan cairan sebelum dan setelah diolah.

2. Produksi bahan baku pupuk

Dari perhitungan teknis proses teknologi pengolahan limbah cair Biodetox diperoleh bahan baku pupuk berupa padatan tersuspensi dalam efluen sebesar 640 kg/hari dari beban BOD. Berdasarkan perhitungan teknis jumlah limbah cair Rumah Sakit Sanglah sekitar 16.000 m^3/hari dengan volume kolam aerasi 8.500 m^2, total padatan influen 500 mg/l, padatan tersuspensi influen 100 mg/l, BOD Influen 173 mg/l dan jumlah MLSS 2,500 mg/l.

3. Produksi kandungan unsur.

Produksi kandungan unsur dalam bahan baku pupuk diperoleh dari perbandingan kebutuhan nutrient oleh mikroorganisme dengan perbandingan BOD:N:P = 100:25:1, sehingga diperoleh nilai kebutuhan N per hari sebagai berikut: Total kebutuhan N/hari adalah 16.000 m^3/hari x 25 x 1000 l/ m^3 x 10^6 kg/mg menjadi 375 kg, sehingga kebutuhan P/hari menjadi 375 kg dibagi 5 adalah 75 kg (Sumber Perhitungan : BPPT, 1991, Nugroho, 1996 dan Kasmidjo,1996).

Daftar pustaka

Abd El-Gawad, H.A., and Aly, A.M. 2011. Assesment of Aquatic Environmental for Wastewater Management Quality in the Hospitals:a Case Study.*Australian Journal of Basic and Applied Sciences;* 5(7): 474-782, ISSN 1991-8178.

Alaert, G, dan Sumestri, S. 1987. *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional Surabaya.

Almuneef, M., Memish, Z.A. 2003. Effective medical waste management: It can be done. *Amerikan Journal of infection Control;* Vol.31, No.3: 188-192.

Alvin-Ferraz, M.C.M., Afonso, S.A.V. 2003. Incineration of Different Types of Medical Wastes: Emission factors for particulate matter and heavy metals. *Journal Environmental Science & Technology;* Vol.37, No. 14: 3152-3157.

Askarian, M., Vakili, M., Kabir, G. 2004. Results of a hospital waste survey in private hospitals n Fars province, Iran. *Journal Waste Management;* Vol.24, No.4: 347-352.

Barek, J., Cvaka, J., Zima, J., Meo, M.D., Laget, M., Michelon, J., Castegnaro, M. 1998. Chemical Degradation of Wastes of Antineoplastic Agents Amsacrine, Azathioprice, Asparaginase and Thiotepa. *Journal the Animals of Occupationa Hygiene;* Vol.42, No.4: 259-266.

Budi Prasetya, Syahrul Kurniawan, M Febrianingsih, 2009. Application of Liquid Fertilizer on N uptake and Growth of Brassica Juncea L., at Entisols. *Agritek;* Vol., 17 No 5: ISSN 0852-5426.

Badan Standar Nasional, 2006. *Cara uji mikrobiologi bagian 1:* Penentuan Coliform dan Escheria Coli pada Produk Perikanan. SNI 01-2332.1-2006.

Britton G., 1994. *Radioactive Emulsion From Coal Tired Station Central Electricity.* Gematery Board.

Badan Penelitian dan Pengembangan Teknologi (BPPT), 1996. *Sistem Pengelolaan Limbah Cair.* Bandung: Penerbit Persatuan Insinyur Teknik.

Barnum, S.R. 2005. *Biotechnology An Introduction.* Edition 2. Miami University. ISBN 0-534-49296-7.USA p : 323.

Champman, D, 1996. *Water Quality Assesment.* London : E & EN Spon.

Chang, Y, 1995. Centralized Incineration Treatment of Infectious Waste for Regional Hospital in Taiwan. *Journal Waste Management & Research;* Vol.13 : 241-257.

Chitnis, V., Chitnis, S., Patil. S., Chitnis, D. 2003. Treatment of discarded blood units: Disinfetion with Hypochlorite/Formalin versus Steam Sterilization. Indian *Journal of Medical Microbiology;* Vol.21, No.4 : 265-267.

Chitnis, V., Vaidya, K., and Chitnis, D.S. 2005. Biomedical Waste in Laboratory Medicine: Audit and Management. Indian *Journal of Medical Microbiology*; Vol.23, No. 1: 6-13.

Caldwell, B. 2001. How can Organik Vegetable Growers Increase Soil Organik Matter without Overloding the Soil with Nutrients. *Small farmer's Journal*. Vol. 25, No 3 : 223 – 23.

Creswell, Jhon W. 2009. *Reseach Design; Qualitative, Quantitative and Mixed Methode Approaches.* Los Angeles; Sage..

Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran.* Penerbit Universitas Indonesia.

Duncan, M., Sandy, C. 1994. *Pemanfaatan Air Limbah dan Ekskreta.* Bandung: Penerbit ITB.

Direktorat Jenderal PPM & PLP, Depkes, 1996. *Pedoman Teknis Sanitasi (Penyehatan) Pengelolaan di Rumah Sakit Jakarta.*

Diaz, E. 2008. *Microbial Degradation, Bioremediation and Biotransformation.* ISBN : 978-1-904455-17-2. Disitir tanggal 17 September 2008. 8h.

Efendi, H. 2003. *Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya Perairan*. Yogyakarta: PT Kanisius.

Ekhaise. F.O., and Omavwoya. B.P. 2008. Influence of Hospital Wastewater Discharged from University of Benin Teaching Hospital (UBTH), Benin City on its Receiving Environment. *American-Eurasian Journal.Agric. & Environ. Sci.;* 4(4): 484-488, ISSN 1818-6769.

Fardiaz, S. 1993. *Analisis Mikrobiologi Pangan*, Jakarta: PT Raja grapindo Persada.

Giyatmi. 2003. "Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Dokter Sarjito Yogyakarta terhadap Pencemaran Radioaktif" (*tesis*). Yoyakarta: Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada.

Emmanuel, E, Blanchad, JM.,Keck,G.,Perrodin,Y, 2001. *Effects of Hospital Wasterwater on aquatic Ecosistem XXVIII.* Congerreso Interamecano de Ingeria Sanitaria Ambiental Cancun. Mexico.

Fairchild, G.I., D.A.J. Barry, M.J. Goss, A.S. Hamill, P. Lafrance, P.H. Milburn, R.R. Simard., and B.J. Zebarth. 2000. *Groundwater Quality.* In The Health of Our Water Toward Sustainable Agriculture in Canada. Ed. Coote, D.R. and Gregorich, L.J. Research Branch Agriculture and Agri-Food Canada. Publ. 2020/E.

Gegner, L. 2002. *Organic Alternatives to Treated Lumber.* NCAT/ATTRA, Fayetteville, AR.

Harker, D.B., P.A. Chambers, A.S Crowe, G.L. Fairchild, and E. Kienholz. 2000. Understanding Water Quality. *In The health of Our Water Toward Sustainable Agricultur and Agri-Food Canada*. Publ. 2020/E.

Hendricky, C., R. Lambert, X. Sauvenier and A. Peeters. 2005. Sustainable Nitrogen Management in Agriculture : An Action Programe towards Protecting Water Resources in Alwoon Religon (Belgium). *Paper presented on OECD Workshop on Agriculture and Water* ; Sustainability, Markets and Policies: Australia.

Heider J. And Rabus, R. 2008. Genomic Insights in The Anerabic Biodegradation of Organic Pollutans. *Microbial Degradaton*; Genomic and Molecular Biologuy: Caister Academic Press.

Hammer, M.J. Jr. 2001 *Water and Wastewater Technology.* Prentice-Hall: New Jersey.

Kusnoputranto, H. 1997. *Air Limbah dan Ekstrata Manusia,* Jakarta: Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat.

Kumar, G.A., Kumar, S., Sabumon P.C. 2006. Preminary Study of Physico-Chemical Treatment Options for Hospital Wastewater. *Journal of Environmental Management;* Vollore Tamil Nadu: India.

Kienholz, 2000. E. F. Croteau, G.L. Fairchild, G.K. Guzzwell, D.I. Masse, and T.W. van der Gulik. 2000. Water Use. In The health of Our Water Toward Sustainable Agriculture in Canada. *Research Branch Agriculture and Agri-Food Canada*: Publ. 2020/E.

Lovley, D.R. 2003. Cleaning up with Genomic, Applying Molecular Biology to Bioremediation. *Nature Reviews*; Microbiology.

Lestari, D.E., Utomo, S.B., Sunarko, Virkyanov. 2008. ”Pengaruh Penambahan Biosida Pengoksidasi Terhadap Kandungan Klorin untuk Pengendalian Pertumbuhan Mikroorganisme pada Air Pendingin Sekunder RSG-Gas” (*tesis*). Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN. Kawasan Puspitek Serpon. Tanggerang. Banten.

Mesdaghinia. A.R., Naddafi, K, Nabizadeh, R. Saeedi R, Zamanzadeh. M. 2009. Wastewater Characteristics and Appropriate Method for Wastewater Management in the Hospitals. *Iranian Journal Publ Health;* Vol.38, No.1: 34-40.

Mikkelsen, R. I. 2000. Nutrien Management for Organic Farming Case Study. *Journal of natural Recource Life science Education;* Vol 20: 88-92.

Mulvaney, R. I., Khan, S.A., R. G., Hoef, and Brown, H. M. 2001. A Soil Organic Nitrogen Fraction that Reduce the Need for Nitrogen Fertilisastion. *Soil Science Society of amerika journal*; Vol 65: 1164-1172.

Martin, F.R.J., Bootsma,A., Coote,D.R., Fairley, B.G., Gregorich,L.J., Lebedin,J., Milburn, P.H., Stewart, B.J., and T.W. Van Der Gulik, T.W. 2000. Canada,s Rural Water Recources. In The healt of Our Water Toward Sustainable Agricuture in Canada Ed.

Coote, D.R. and Gregorich, L.J. *Research Branch Agriculture and Agri-Food Canada*; Publ. 2020/E.

Meagler, R.B. 2000. *Phytoeremediation to Toxi Elemental and Organic Pollutants.* Current Opinion In Plant Biology 3 (2) : 153-162.

McLeod M.P., and Eltis L.D. 2008. *Genomic Insights Into the Aerobic Pathways for Degradation of Organic Pollutants, Microbial Biodegradation*: Genomic and Molecular Biology. Caister Academic Press.

Murachman, B. 2005b. *Teknologi Pengolahan Limbah dengan Sistem Lumpur Aktif*. Jakarta: PT Cosolindo Persada.

Nugroho, R. 1996. *Laporan Pengelolaan Limbah Cair Pulp Terhadap Kualitas Air.* Surabaya. Volume III ISSN 0854-917 tahun ke 5.

Pauwels, B., and Verstraete, W. 2006. The Treatment of Hospital Wastewater *: an Appraisal Journal of Water and Health; 04.4.*

Pracaya. 2002. *Bertanam Sayuran Organik.* Jakarta: Penebar Swadaya.

Purwoko, T. 2007. *Fisiologi Mikroba*. Jakarta: PT Bumi Aksara Jakarta.

Pusstan, 2003. *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Limbah Cair.* Available from: URL.http://dphut go id/informasi/setjen/piusstan/info 5 1 0604/isi 5 htm (disitir 8 september 2008).

Pang X.P. and and letey J 2000. Organik farming : Challenge of timing nitrogen Avaibilityto crop nitrogen requirement. *Soil Society of Amerika Journa;* Vol. 64: P.247-253

Yowono, T. 2008. *Boiteknologi Pertanian.* Penerbit Gadjah Mada Press. Cetakan Kedua. ISBN 979-420-617-2. 284 h.

Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah.* Jakarta. VI Press.

Schuler, C, J., Pinky, M. Nasir and Vogtman, 1993. Effects of fertilizers on Mycosphaerella pinodes (Berk, et blox) Vestergr., causal organism of foot rot on peas (Pisum sativum L.), *Journal Biological Agriculture and Horticulture, 9: 353-360.*

Rukaesih, A. 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi .

Rao, S., dan Mamatha, P. 2004. Water Quality in Suistanable Water Management. *Current Science;* Vol 87 (7): 942-947.

Sarafraz, S., Khani, H., Yaghmaeian,M.R. 2007. Quality and Quantity Survey of Hospital Wastewater in Hormozgan Provinze. *Iran Journal. Environ. Health. Sci. Eng.;* Vol 4,No.1: 43-50.

Sutanto, Rahman. 2002. *Pertanian Organik : Menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan.* Yogyakarta: Kanisius. Hal. 19-31.

Touray. 2008. *Management of Water Quality the Suitanable Future* :The French policy, illustrated by the case study of Renes http//www unesco.org uy/phi/estragtas/art03.html.

Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar pengolahan limbah.* Universitas Indonesia Jakarta

Kasmidjo. 1991. *Penanganan Limbah Perkebunan dan Limbah Pangan.* Yogyakarta: Universitas Gajah mada.

Winarno, F. G. 1996. *Air Untuk Industri Pangan.* Jakarta: Penerbit PT Gramedia.

Saeni. 1989. *Kimia lingkungan.* Bogor: Ditjen Pendidikan tinggi Institut Pertanian Bogor.

Saefudin. 2007. *Instalasi Pengolahan Air Limbah Bojongsoang*. Bandung: Program Studi Ilmu Mikrobiologi Institut Teknologi Bandung.