

DISERTASI

**HASIL PROSES TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
RUMAH SAKIT SECARA BIOLOGI
UNTUK BAHAN BAKU PUPUK**



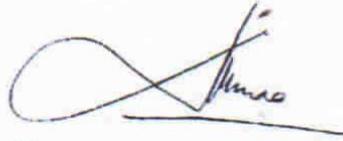
KETUT IRIANTO

NIM : 0890471012

**PROGRAM DOKTOR (S3)
PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN
UNIVERSITAS UDAYANA
DENPASAR
2013**

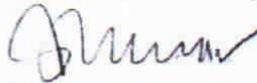
Lembar Pengesahan
DISERTASI INI TELAH DISETUJUI
TANGGAL „ 24 APRIL 2013

Promotor,



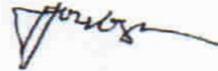
Prof. Ir. I.G.A. Mas Agung, M.Rur.Sc.Ph.D
NIP. 195001261973022001

Kopromotor I,



Prof. Dr. Ir. Wayan Suarna, MS.
NIP. 195905191986011001

Kopromotor II,



Dr. I Dewa Ketut Sastrawidana, S.Si., M.Si
NIP. 1968047199501001

Mengetahui

Ketua Program Studi Doktor
Ilmu Pertanian Program Pascasarjana
Universitas Udayana,



Prof. Dr. Ir. I Made Adnyana, MS.
NIP. 195605251983031002

Direktur
Program Pascasarjana
Universitas Udayana,



Prof. Dr. dr. A.A. Raka Sudewi, Sp.S(K)
NIP. 195902151985102001

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa/Ida Sang Hyang Widhi Wasa, karena atas wara nugraha-Nya, Penulis dapat menyelesaikan disertasi berjudul “Hasil Proses Teknologi Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Secara Biologi Untuk Bahan Baku Pupuk”

Perkenankan Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Ir. I. G. A Mas Sri Agung, M.Rur. Sc. Ph. D. sebagai promotor yang telah memberikan semangat, bimbingan, dorongan dan saran selama Penulis mengikuti program doktor, terutama dalam penyelesaian disertasi ini. Ucapan terimakasih juga Penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Wayan Suarna, M.S. sebagai Kopromotor I dan Dr. I Dewa Ketut Sastrawidana, S.Si., M.Si. sebagai Kopromotor II yang dengan penuh kesabaran dan perhatian telah memberikan bimbingan dan saran kepada Penulis.

Kepada Bapak Rektor Universitas Udayana Prof. Dr. dr. I Made Bakta, Sp. PD (KHOM), Penulis menyampaikan terimakasih atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan kepada Penulis untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Doktor di Universitas Udayana. Ucapan terimakasih ini juga ditujukan kepada Direktur program Pascasarjana Universitas Udayana yang dijabat oleh Prof. Dr. dr. A. A. Raka Sudewi, Sp. S (K)., atas kesempatan yang diberikan kepada Penulis untuk menjadi mahasiswa Program Doktor pada Program Pascasarjana Universitas Udayana. Tidak lupa pula Penulis ucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya juga sampaikan kepada ketua program studi Program Pasca- sarjana Ilmu Pertanian Universitas Udayana yang dijabat oleh Prof Dr. Ir. Wayan Supartha, M.S., seluruh Dosen dan Staf Administrasi Program Doktor, Program Studi Ilmu Pertanian Program Pascasarjana Universitas Udayana. Ucapan terimakasih Penulis ucapkan kepada seluruh Tim Penguji yang telah memberikan saran, masukan, sanggahan, dan koreksi, sehingga disertasi ini bisa terwujud.

Penulis juga mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Yayasan KORPRI Bali melalui Rektor Universitas Warmadewa yang telah memberikan bantuan sarana dan biaya belajar selama tiga tahun, Dekan Fakultas Pertanian Universitas Warmadewa Ir. Nyoman Kaca, M. Si., Kepada seluruh Dosen dan Staf Administrasi Fakultas Pertanian Universitas Warmadewa atas bantuan dan dukungan yang diberikan selama Penulis mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Doktor. Dan Direktur Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah (RSUP), staf ahli, konsultan bagian sanitasi rumah sakit yang telah memberikan bantuan fasilitas dan informasi selama penelitian berlangsung.

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang tulus disertai penghargaan yang tinggi kepada para pendidik di sekolah dasar sampai perguruan tinggi yang telah membimbing Penulis hingga pada jenjang pendidikan tertinggi ini. Penulis juga ucapkan terimakasih kepada Ayah Ketut Rudja (Almarhum) dan Ibu Rohani Rudja tercinta yang telah mengasuh dan membesarkan Penulis, memberikan dasar-dasar berpikir logik dan suasana demokratis, sehingga menjadi lahan yang baik untuk berkembangnya kreativitas. Akhirnya penulis sampaikan terimakasih kepada istri tercinta Dra. Ni Nyoman Aryaningsih, M.M, serta anak tersayang Putu Rani Weda Suari, Kadek Rima Anggen Suari, Komang Bayu Trisetiawan, dan Ketut Diva Prayoga yang dengan penuh pengorbanan telah memberikan dukungan dan perhatian dalam menyelesaikan disertasi ini.

Semoga Ida Sang Hyang Widhi Wasa/Tuhan Yang Maha Esa selalu melimpahkan rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penyelesaian disertasi ini.

Denpasar, 10 April 2013

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN SAMPEL JUDUL..... | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN PROMOTOR..... | ii |
| HALAMAN PENETAPAN PANITIA PENGUJI | iii |
| HALAMAN UCAPAN TERIMA KASIH | iv |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| ABSTRAK | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 8 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 8 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 8 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 10 |
| 2.1 Pupuk | 10 |
| 2.2 Limbah Cair | 10 |
| 2.2.1 Bahan Buangan Padat | 13 |
| 2.2.2 Bahan Buangan Organik | 13 |
| 2.2.3 Bahan Buangan Anorganik | 13 |
| 2.2.4 Bahan Buangan Olahan Bahan Makanan..... | 14 |
| 2.2.5 Bahan Buangan Cairan Berminyak..... | 14 |
| 2.2.6 Bahan Buangan Zat Kimia | 14 |
| 2.3 Karakteristik Limbah Cair | 15 |
| 2.4 Pengaruh Limbah Terhadap Kualitas Air | 18 |
| 2.4.1 Sifat Fisik Air..... | 18 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.2 Sifat Kimia Air..... | 19 |
| 2.4.3 Sifat Biologi Air | 23 |
| 2.5 Pengelolaan Limbah..... | 23 |
| 2.5.1 Konsep Dasar Pengelolaan Limbah..... | 24 |
| 2.5.2 Proses Pengolahan Limbah Cair Biodatex | 25 |
| 2.5.3 Penanganan Limbah Cair Secara Biologis | 26 |
| 2.5.4 Parameter Proses Sistem Teknologi Pengolahan Limbah Cair | 33 |
| 2.5.5 Indikator hasil Olahan Instalasi Pengolahan limbah Cair Terpadu (IPAL) | 36 |
| 2.6 Manfaat Limbah Cair..... | 41 |
| 2.6.1 Bahan Baku Pupuk Cair | 43 |
| 2.6.2 Proses Perombakan dan Pembentukan Unsur Hara | 45 |
| 2.6.3 Larutan Hara Tanaman | 51 |
| BAB III KERANGKA BERPIKIR, KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN | 53 |
| 3.1 Kerangka Berpikir | 53 |
| 3.2 Konsep Penelitian | 55 |
| 3.3 Hipotesis | 56 |
| BAB IV METODE PENELITIAN | 57 |
| 4.1 Rancangan Penelitian..... | 57 |
| 4.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian | 60 |
| 4.3 Ruang Lingkup Penelitian | 60 |
| 4.3.1 Proses Teknologi..... | 60 |
| 4.3.2 Potensi Limbah Cair | 60 |
| 4.3.3 Respon Tanaman | 61 |
| 4.4 Penentuan Sumber Data..... | 61 |
| 4.5 Variabel Penelitian..... | 61 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5.1 Variabel Proses Teknologi..... | 61 |
| 4.5.2 Variabel Potensi Limbah Cair..... | 61 |
| 4.5.3 Variabel Respon Tanaman..... | 62 |
| 4.6 Bahan dan Alat..... | 63 |
| 4.7 Instrumen Penelitian | 64 |
| 4.8 Prosedur Penelitian | 66 |
| 4.8.1 Tahap Pertama (Proses Teknologi)..... | 66 |
| 4.8.2 Tahap Kedua (Potensi Limbah Cair) | 66 |
| 4.8.3 Tahap Ketiga (Respon Tanaman) | 70 |
| 4.9 Metode Pengolahan Data Hasil Penelitian..... | 75 |
| 4.10 Analisis Hasil Penelitian | 75 |
| 4.10.1 Proses Teknologi | 76 |
| 4.10.2 Potensi Limbah Cair | 76 |
| 4.10.3 Analisis Respon Tanaman..... | 80 |
| BAB V HASIL PENELITIAN..... | 81 |
| 5.1 Pengelolaan Limbah Cair RSUP Sanglah | 81 |
| 5.2 Proses Teknologi..... | 82 |
| 5.2.1 Tahapan Proses..... | 83 |
| 5.2.2 Perlakuan Fisik,Kimia Biologi | 84 |
| 5.2.3 Perlakuan Biologi | 85 |
| 5.3 Potensi Limbah Cair | 87 |
| 5.3.1 Kualitas Limbah Cair | 87 |
| 5.3.2 Karakteristik Limbah Cair RSUP Sanglah..... | 98 |
| 5.3.3 Jumlah Komponen dan Unsur | 102 |
| 5.4 Respon Tanaman | 104 |
| 5.4.1 Pengaruh Interaksi antara Jenis dan Dosis Bahan Baku Pupuk | 106 |

| | |
|---|------------|
| 5.4.2 Pengaruh Tunggal antara Jenis dan Dosis Bahan Baku Pupuk..... | 107 |
| BAB. VI PEMBAHASAN..... | 111 |
| BAB VII SIMPULAN DAN SARAN | 119 |
| 7.1 Simpulan..... | 119 |
| 7.2 Saran..... | 120 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 121 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN..... | 127 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|----------------|
| 2.1 Penggunaan air per orang per hari | 11 |
| 2.2 Karakteristik limbah cair rumah sakit | 16 |
| 2.3 Standar parameter proses operasional sistem teknologi pengolahan limbah cair | 40 |
| 2.4 Baku mutu untuk kegiatan rumah sakit..... | 41 |
| 2.5 Komposisi bahan limbah cair | 44 |
| 2.6 Organisme yang berperan dalam kondisi lingkungan tertentu | 45 |
| 2.7 Beberapa tipe penambatan nitrogen secara biologis | 48 |
| 2.9 Jenis bakteri | 49 |
| 2.10 Jenis jamur | 50 |
| 2.11 Jenis algae-biru-hijau | 51 |
| 2.12 Konsentrasi larutan yang diperlukan tanaman dan bentuk garam | 52 |
| 4.1 Variabel dan indikator penelitian..... | 63 |
| 4.2 Alat untuk menganalisis kualitas limbah cair..... | 65 |
| 4.3 Pengawetan beberapa sampel limbah cair..... | 69 |
| 4.4 Analisis data hasil penelitian | 75 |
| 4.5 Analisis variabel kualitas limbah cair | 76 |
| 4.6 Analisis variabel karakteristik limbah cair | 77 |
| 4.7 Analisis zat padat..... | 78 |
| 5.1 Informasi umum kegiatan Rumah Sakit Sanglah | 81 |
| 5.2 Perlakuan Standar teknologi biodetox | 85 |
| 5.3 Hasil pengukuran kualitas limbah cair Rumah Sakit Sanglah..... | 87 |
| 5.4 Hasil pengukuran kualitas limbah cair Ruymah Sakit Sanglah..... | 87 |

5.5 Hasil pengukuran karakteristik limbah cair rumah Sakit sanglah97

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Kelompok zat dalam air limbah..... | 12 |
| 2.2 Limbah cair industri..... | 15 |
| 2.3 Limbah cair domestik..... | 18 |
| 2.4 Penanganan limbah cair | 25 |
| 2.5 Proses penanganan limbah cair rumah sakit secara biologi | 27 |
| 2.6 Asosiasi bakteri dan ganggang dalam sistem kolam stabilisasi | 30 |
| 2.7 Sistem biofilter dengan uji tanaman | 40 |
| 2.8 Sistem biodetox uji dengan ikan..... | 40 |
| 2.9 Saluran irigasi yang tercemar limbah di Subak Kapaon Denpasar..... | 43 |
| 3.1 Kerangka berpikir | 53 |
| 3.2 Konsep penelitian | 55 |
| 4.2 Tata letak percobaan | 59 |
| 5.1 Mekanisme proses teknologi biodetox..... | 82 |
| 5.2 Bentuk sel bakteri pembentuk lendir biofilm..... | 96 |
| 5.3 Bakteri limbah cair..... | 97 |
| 6.1 Hubungan antara dosis bahan baku pupuk biodetox dengan berat basah total per tanaman..... | 116 |

ABSTRAK

Dewasa ini penemuan alternatif sumber bahan baku pupuk organik menjadi penting di saat permintaan pupuk organik semakin meningkat. Limbah cair rumah sakit adalah salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai sumber bahan baku karena kandungan protein, karbohidrat, dan lemaknya yang tinggi. Untuk penggunaan yang aman, limbah cair semestinya telah melalui pengolahan secara biologis.

Penelitian dilakukan untuk mengkaji dan menganalisis limbah cair Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah (RSUP Sanglah) menggunakan teknologi Biodetox dan menguji respon tanaman sayur sawi (*Brassica juncea L.*) terhadap produk teknologi tersebut. Penelitian menggunakan metode kualitatif (deskriptif) dan kuantitatif (nilai, analisis statistik dan pendekatan matematik dan komparatif). Tiga tahapan yang dilakukan adalah (1) identifikasi proses teknologi, (2) pengukuran kualitas, karakteristik dan jumlah komponen dalam limbah cair rumah sakit dan (3) uji respon tanaman sawi terhadap produk teknologi. Bahan yang digunakan adalah contoh limbah cair RSUP Sanglah, produk hasil teknologi Biodetox dan benih tanaman sawi. Penelitian dilakukan di area IPAL RSUP Sanglah dan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Warmadewa pada 15 Mei 2009 sampai 10 April 2012.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan biologi yang diberikan pada tahap *treatment* dan *stabilisasi* yaitu *aerasi* 6-9 jam; FIM 0,24-0,250 g/BOD/hari /g/MLSS; waktu tinggal limbah 8,2 hari; dan tekanan air (*sludge resirculation*) 35% sudah memenuhi standar baku mutu Departemen Kesehatan R.I. (Permenkes RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990) dan standar air irigasi Gol D. (Kepmen KLH No.02/MENKLH/1988). Karakteristik limbah cair yang mengandung nitrogen 1,97%, fosfor 0,78%, sulfur 0,33%, kalium 0,48%, magnesium 0,19%, besi 326 ppm, aluminium 211 ppm, mangan 18,8 ppm dan molybdenum 2,18 ppm telah memenuhi syarat kriteria dan standar untuk bahan baku pupuk. Produk hasil teknologi Biodetox memberikan respon sebesar 19,90% dan 17,35% lebih tinggi dibandingkan yang diberikan oleh pupuk organik Biosugih dan kimia Hyponex komersial. Disimpulkan bahwa produk teknologi Biodetox terbukti dapat digunakan secara aman sebagai bahan baku pupuk organik.

Kata kunci : Technology Biodetox, RSUP Sanglah, Limbah cair, Bahan Baku Pupuk dan Tanaman sawi (*B. juncea L.*)

ABSTRACT

Nowadays finding on alternative resources of such materials become important when demand for organic fertilizer is increasing. Hospital wastewater is one of the alternatives potentially used as material for organic fertilizer, due to highly content of proteins, carbohydrates and fats. For safety usage, the hospital wastewater must have been refined using biological technology.

The research was conducted to study and analyze the wastewater of Sanglah General Hospital Centre (RSUP Sanglah) using Biodetox biological technology and the responses of chinese cabbage (*Brassica juncea* L.) to the products of that technology. Qualitative (descriptive) and quantitative (values, statistic analyzes, mathematic and comparative approach) methods were used in this research. Three stages of research conducted were (1) technological process identification, (2) measurements of the quality, characteristics and number of components in hospital wastewater and (3) plant response test to the products of technology. Materials used in this research were wastewater samples of Sanglah General Hospital Centre, products of Biodetox technology and seeds of chinese cabbage (*B. juncea* L.). The research was conducted at RSUP Sanglah and Warmadewa University Glasshouse from 15 May 2009 to 10 April 2012.

Results of the research indicated that biological treatments given at the treatment and stabilization levels i.e. 6-9 hours aeration; 0.24-0.250 g/BOD/day/g/MLSS F/M; 8.2 days wastewater staying-time and 35% of water pressure (sludge resirculation) had met the standard of quality of Department of Health of Republic Indonesia (Permenkes RI Nomor 416/MENKES/PERIIX/1990) and standard for irrigation water quality (Gol D.) (Kepmen KLH No.02/MENKLHII988). Characteristics of wastewater which consisted of 1.97% nitrogen, 0.78% phosphor, 0.33% sulphur, 0.48% potassium, 0.19% magnesium, 326 ppm ferrum, 211 ppm aluminium, 18.8 ppm mangan, 2,18 ppm molybdenum, had met the criteria and standard for fertilizer materials. The products resulted from Biodetox technology gave 19.90% and 17.35% higher leaf and plant total fresh weights of chinese cabbage compared to those of commercial Biosugih organic fertilizer and Hyponex chemical fertilizer. It is concluded, the products of Biodetox technology on the RSUP Sanglah wastewater have been proved to be safely used for organic fertilizer materials.

Key words: Biodetox technology, Sanglah General Hospital Centre, Wastewater, Chinese cabbage (*B. juncea* L.)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi pertanian secara maksimal tanpa mengurangi ketersediaan unsur hara adalah dengan cara pemupukan. Perlunya dilakukan pemupukan terhadap tanah, karena tanah tersebut telah mengalami beberapa peristiwa yang bersifat menurunkan kesuburan tanah seperti: pencucian hara, kehilangan hara karena diangkut dalam bentuk hasil panen, ada erosi tanah, adanya pengikatan hara terutama unsur hara nitrogen, fosfor dan kalium.

Penggunaan pupuk yang aman, efisien dan ramah lingkungan sangat diperlukan oleh masyarakat sekarang ini, karena dampak penggunaan pupuk kimia sudah dirasakan oleh masyarakat seperti: pencemaran lingkungan, biaya tinggi dan kurang efisien (Gegner, 2002). Penggunaan pupuk kimia yang semakin tinggi menyebabkan setiap penambahan satu jenis pupuk kimia dengan dosis tinggi, akan menimbulkan kekurangan unsur yang lain (Sutanto, 2002). Efisiensi pemupukan semakin rendah, karena jumlah pupuk yang diserap tanaman lebih kecil dari jumlah yang hilang, maka akan muncul kasus pencemaran lingkungan (Darmono, 2001).

Berdasarkan permasalahan tersebut sekitar 13,7 juta masyarakat petani di Indonesia mulai beralih ke pemakaian pupuk organik. Kebutuhan pupuk organik dari tahun 2010 meningkat sekitar 8,9% dengan proyeksi ketersediaan pupuk

organik tahun 2014 sekitar 33 juta ton (Deptan, 2010). Pupuk organik adalah pupuk yang bersumber dari sisa tanaman, hewan/mikroorganisme, dan limbah yang telah mengalami proses dekomposisi, fermentasi dan mineralisasi (Pang dan Letey, 2000). Keterbatasan bahan baku pupuk yang tersedia merupakan kendala untuk memproduksi pupuk organik. Untuk itu perlu mencari sumber daya alternatif untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pupuk.

Limbah cair RSUP Sanglah merupakan salah satu sumber daya alternatif yang berpotensi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk. Jumlah limbah cair yang dihasilkan RSUP Sanglah sekitar 430 m³/hari berupa padatan terlarut, padatan tersuspensi, dan *Efluen* (cairan) merupakan potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan kembali (*recycling*). Jenis limbah cair rumah sakit termasuk jenis limbah domestik yang didominasi bahan organik berupa protein (65%), karbohidrat (25%), selebihnya lemak dan beberapa unsur logam (Askarian *et al.*, 2004). Menurut Caldwell (2001) Bahan baku pupuk harus mengandung bahan organik berupa karbohidrat dan protein yang cukup tinggi.

Bahan organik limbah cair RSUP Sanglah bersumber dari hasil kegiatan medis dan non medis, seperti: *laundry*, kantin, laboratorium dan fasilitas umum lainnya yang ditunjukkan oleh parameter *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), ammonium, nitrat dan nitrit. Menurut Yowono (2008), bahan organik mengandung bakteri, protozoa, jamur, algae, bahan padat yang kaya protein dan unsur hara nitrogen.

Limbah cair juga mengandung beberapa komponen unsur, seperti: 1) unsur mineral (N, P, K, Mg, Ca, S, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Al,Mo), 2) asam

amino (Asparigin, glycine, methionin, phenyllalanine, proline, alanine, isolicene, lysin dan lain-lain), 3) hormon (Gibberilin, Zeatin, IAA), dan 4) mikroorganisme (Protozoa, Fungi, Jamur, Bakteri) (Ayub, 2010). Mineral tersebut terbentuk dari proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi lingkungan tertentu (Meagler, 2000).

Beberapa keunggulan kandungan limbah cair rumah sakit dapat dilihat dari kandungan asam amino yang tidak ditemukan dalam pupuk kimia. Asam amino merupakan hasil fermentasi dan pemecahan protein. Protein yang terpecah akan menghasilkan 20 asam amino esensial. Fungsi utama asam amino yang terkandung dalam limbah cair adalah selain sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme juga berpengaruh terhadap kualitas pertumbuhan dan hasil tanaman (Sutanto, 2002).

Keunggulan lain dari bahan baku limbah cair dibandingkan dengan pupuk organik lainnya adalah kandungan hormon pertumbuhan (*gibberilin*, *zeatin* dan IAA) yang berasal dari fungi dan tanaman tingkat tinggi. Jenis hormon biasanya terdapat dalam urine manusia dan hewan. Dalam urine terdapat zat yang disebut dengan *indole*, jika digabungkan dengan asam asetat (*acetic acid*) menjadi *indole acetic acid* yang berperan dalam pertumbuhan tunas baru (Chitnis, 2003).

Mikroorganisme yang terdapat dalam limbah cair terdiri atas *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.*, *Mycocorrhiza sp.*, *Rhizobium sp.*, *Aspergillus sp.* dan *Saccharomyces sp* (Martin *et al.*, 2008). *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). Mikroorganisme *Bacillus subtilis* dan *Deinococcus radiodurens* mampu mereduksi unsur dan menghilangkan logam berat, seperti: Pb, Cd, Ni dan ion merkuri yang merupakan penghambat proses dekomposisi dan mineralisasi (Duncan dan Sandy, 1994).

Semua komponen dan unsur yang terdapat dalam limbah cair sangat dibutuhkan tanaman untuk pembentukan dan berfungsinya jaringan. Tanaman pada umumnya mempunyai jaringan yang dibangun dari karbohidrat, lemak, protein, nucleoprotein dan beberapa enzim. Untuk berfungsinya jaringan tersebut diperlukan dalam jumlah banyak beberapa unsur mineral esensial seperti C, H, O, N, P, K, dan S (Pracaya, 2002).

Beberapa bahan baku pupuk yang berasal dari limbah cair domestik seperti: limbah cair rumah tangga, rumah sakit, hotel, restoran sudah banyak dimanfaatkan untuk tanaman. Hasil penelitian Budi-Prasetya dkk. (2009) tentang pengaruh bahan baku pupuk limbah cair domestik terhadap pertumbuhan tanaman sayuran sawi (*Brassica juncea* L) menunjukkan terjadi peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman sebesar 30% dibandingkan pupuk organik berstandar (Mitsuland). Hasil penelitian Ayub (2010) menunjukkan penggunaan limbah cair domestik sebagai pupuk mampu meningkatkan rata-rata pertumbuhan tanaman padi sekitar 11% di lahan sawah dibandingkan pupuk organik padat (kotoran sapi). Hasil observasi 28 subak di kota Denpasar dan di wilayah pemukiman menunjukkan bahwa masyarakat petani sudah memanfaatkan limbah cair sebatas penyiraman tanaman palawija seperti : sayur hijau, kangkung darat,

bayam cabut, jagung, semangka dan cabai. Tingginya hasil yang diperoleh karena kompleksitas komponen unsur yang terdapat dalam limbah cair tersebut, akan tetapi keamanan belum terjamin.

Untuk dapat dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya limbah cair harus aman dan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan (Pusstan, 2001). Untuk itu diperlukan proses pengolahan limbah cair secara fisik, kimia dan biologi. Perlakuan fisik seperti: penyaringan (*filtrasi*), pengendapan (*sidementasi*) bertujuan untuk menyederhanakan komponen partikel. Perlakuan kimia seperti: penghilangan (*clorinasi*), pengumpalan (*koagulasi*), pengikatan (*flokulasi*) bertujuan untuk menghilangkan bahan pencemar. Perlakuan biologi seperti: pemberian *aerasi* (oksigen), zat makanan, mikroorganisme (F/M), *resirculation sludge* (tekanan air) bertujuan menghilangkan bahan organik dan anorganik melalui proses penguraian (Pauwels, 2006).

Selama ini beberapa pengolahan limbah cair yang digunakan hanya menekankan pada perlakuan kimia saja yaitu menghilangkan bahan pencemar untuk memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Hal ini menyebabkan kurang efisien (biaya tinggi) dan mengakibatkan timbulnya pencemaran baru. Untuk itu perlu mencari teknologi pengolahan limbah cair yang menekankan pada perlakuan biologi dengan konsep selain menghilangkan bahan pencemar dan menyederhanakan komponen partikel juga mempertahankan komponen unsur.

Teknologi biodetox merupakan teknologi pengolahan limbah cair yang menggunakan prinsip biologi (*biological system*) yang telah diterapkan di RSUP

Sanglah, dimana hasil pengolahan limbah cair sudah dimanfaatkan sebatas untuk penyiraman tanaman, Teknologi biodetox terdiri dari tahapan proses *pre treatment, treatment dan stabilisasi*. Setiap tahapan proses perlakuan terjadi proses dekomposisi, fermentasi dan mineralisasi. Proses tersebut melibatkan beberapa jenis mikroorganisme, sehingga diperlukan perlakuan biologi supaya tetap berlangsungnya proses tersebut. Perlakuan biologi yaitu penambahan oksigen sehingga akan mempercepat proses biodegradasi bahan organik, pemberian nutrient (*food mikroorganisme*) akan memacu pertumbuhan dan bioaktivitas mikroorganisme, tekanan air (*resirculation sludge*) akan mengoptimalkan lingkungan perairan terutama pH, suhu dan oksigen (Sugiharto, 1987).

Hasil penelitian Murachman (2005) menunjukkan perlakuan *aerasi* (aerator) dengan oksigen antara 0,8-4 mg/l dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam proses perombakan polutan dan menekan unsur methan, H₂S dan CO₂ sekitar 60%-80%. Nugroho (1996) menyatakan bahwa jumlah total limbah 15.000 m³ per hari dengan pH 5,4 BOD 500 ppm, COD 900 ppm dengan perlakuan *aerasi* 10-20 jam per hari (aerator 250HP) dapat mempertahankan kandungan BOD terlarut 2000ppm-5000 ppm.

Kelayakan limbah cair RSUP Sanglah untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik, perlu pengujian karakteristik limbah cair dan bahan baku pupuk hasil teknologi pengolahan limbah cair dalam mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman. Untuk itu dilakukan pengujian laboratorium terhadap limbah cair rumah sakit pada masing-masing tahapan proses teknologi,

kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu limbah cair melalui Permenkes RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990, standar mutu air golongan D Kepmen KLH No -02/MENKLH/1/ 1988 dan standar bahan baku pupuk hasil proses teknologi. Hal ini bertujuan untuk mencari konsep teknologi rumah sakit yang akan menghasilkan karakteristik dan bahan baku pupuk yang berpotensi aman dimanfaatkan dan sesuai standar baku mutu yang diinginkan.

Melalui pengelolaan Limbah cair yang baik akan dapat menjawab permasalahan pertanian berkelanjutan seperti: pencemaran, krisis air, pemupukan dan permasalahan petani perkotaan (*urban farming*). Untuk itu perlu keterlibatan penggunaan teknologi, institusi (pemerintah) dan petani/pengguna dalam memanfaatkan kembali (*recycling*) limbah cair rumah sakit. Bagaimana RSUP Sanglah mengelola limbah cair yang cukup besar dengan tingkat pencemaran tinggi. Apakah penggunaan teknologi limbah cair biodetox mampu menghasilkan kualitas dan karakteristik limbah cair yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik?

Dengan tujuan tersebut akan mampu dihasilkan konsep pengelolaan Limbah cair sesuai dengan peruntukannya, sebagaimana tertuang dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 tahun 2003. Pengelolaan air dan pengendalian pencemaran air diatur berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 82 tahun 2001. Keputusan ini juga berlaku untuk industri rumah sakit, sebelum membuang limbah cair terlebih dahulu harus melalui pengolahan limbah cair sampai batas ambang yang ditetapkan.

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Apakah teknologi pengolahan limbah cair RSUP Sanglah sudah memenuhi standar operasional teknologi secara biologi?
- 2) Apakah limbah cair RSUP Sanglah hasil teknologi pengolahan berpotensi dimanfaatkan dan sesuai standar baku mutu untuk bahan baku pupuk.?
- 3) Bagaimana respon tanaman terhadap bahan baku pupuk hasil teknologi pengolahan limbah cair rumah sakit?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1) Menganalisis dan menguji tahapan proses perlakuan biologi teknologi pengolahan limbah cair untuk memenuhi standar proses operasional.
- 2) Menganalisis variabel kualitas, karakteristik dan jumlah komponen limbah cair yang berpotensi aman dimanfaatkan dan memenuhi standar bahan baku pupuk.
- 3) Menguji respon tanaman terhadap bahan baku pupuk hasil teknologi pengolahan limbah cair untuk mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini ada dua, yaitu : (1) manfaat akademis, dan (2) praktis.

1. Manfaat akademis, meliputi:
 - a. Pengembangan ilmu pertanian tentang pupuk dan bahan baku pupuk.
 - b. Pengembangan ilmu pertanian berkelanjutan dalam memanfaatkan kembali (*recycling*) limbah cair sebagai bahan baku pupuk
 - c. Menambah referensi dan peluang bagi pengelola limbah cair rumah sakit lainnya.
2. Manfaat praktis, meliputi:
 - a. Memperoleh konsep pengolahan limbah cair RSUP Sanglah yang sesuai standar operasional.
 - b. Memperoleh bahan baku pupuk yang berpotensi dimanfaatkan dan sesuai standar bahan baku pupuk.
 - c. Memperoleh bahan baku pupuk organik yang dapat mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pupuk Organik

Pupuk organik adalah zat atau senyawa sederhana yang bersumber dari sisa tanaman, hewan dan limbah yang telah mengalami proses dekomposisi, fermentasi dan mineralisasi (Mikkelsen, 2000). Beberapa jenis unsur hara yang sering ditambahkan dalam bentuk pupuk ke dalam tanah adalah nitrogen, fosfor dan kalium (Harker *et al.*, 2000). Terminologi berdasarkan bentuk dan ukuran, sumber/asal bahan baku, dan proses teknologi akan menghasilkan jenis pupuk dan bentuk pupuk yang berbeda. Jenis pupuk berupa pupuk organik (alami) dan pupuk kimia (sintetik). Bentuk pupuk seperti: pupuk cair dan pupuk padat (Pracaya, 2004).

2.2 Limbah Cair

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). Menurut Champman (1996) limbah yang dikeluarkan tergantung dari jenis kegiatan dan standar kualitas kehidupan. Hal ini terlihat pada Tabel 2.1 tentang keperluan air per orang per hari,

Tabel 2.1
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 $BOD = 300 \times 180$ mg

Industri Rumah Sakit sehari = $10^6 \times 2000$ mg

Jadi : $X (300 \times 180) = 10^6 \times 2000$

$X (300 \times 180) = 10^6 \times 2000$

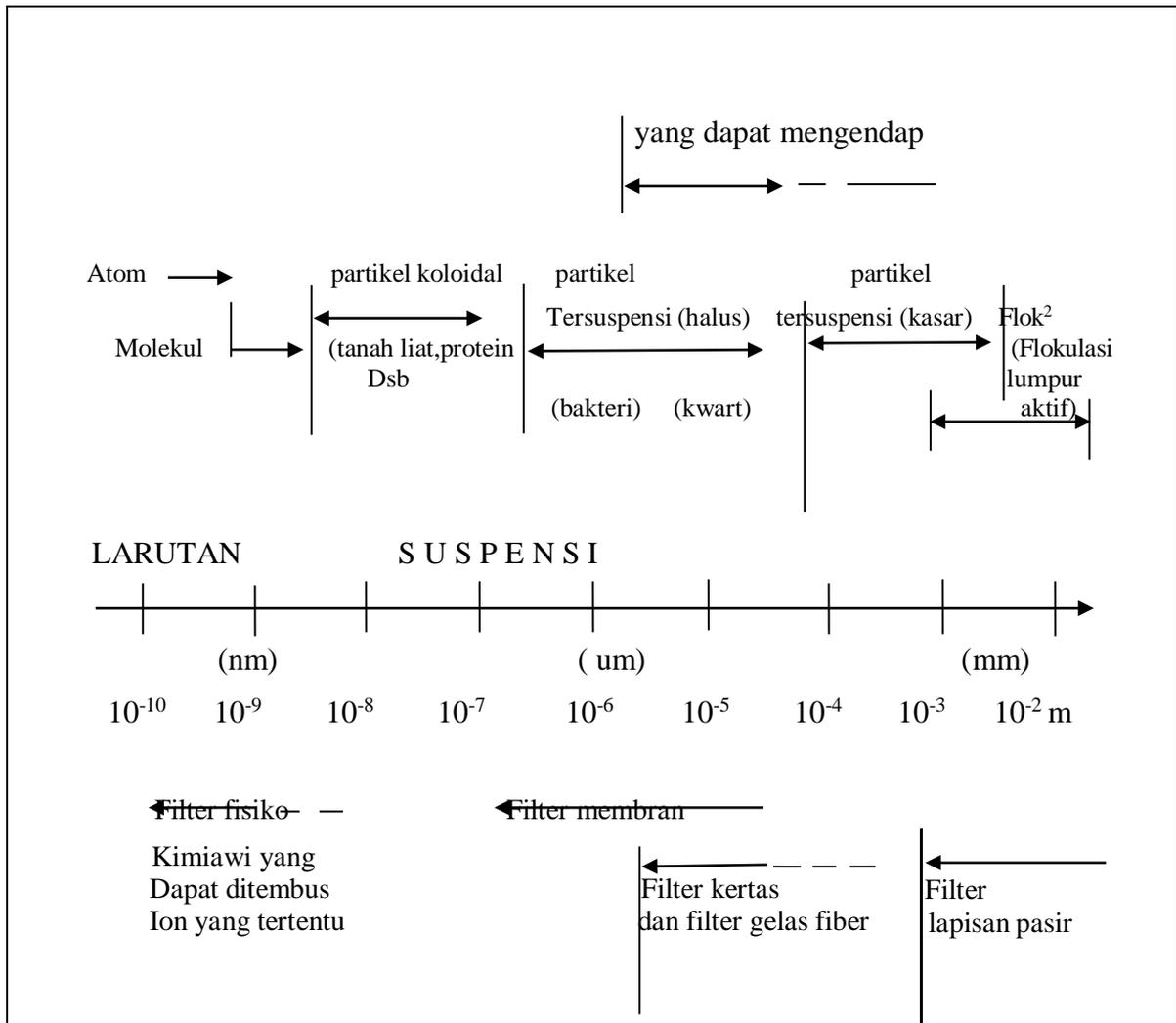
$$X = \frac{10^6 \times 2000}{54 \times 10^3} = \frac{1000 \times 2000}{54}$$

$X =$ sekitar 40.000 orang

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

Dalam Limbah cair ditemukan dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organik, zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat,

kwarsa (Sugiharto, 1987;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 2.1

Kelompok zat dalam air limbah.

Sumber : Alaert dan Santika (1987)

Kelompok zat tersebut berasal dari bahan buangan limbah cair Rumah Sakit seperti : Bahan buangan padat, cair, organik, onorganik, zat kimia, minyak.

2.2.1 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 buruk dan disertai perubahan warna (Touray, 2008). Bahan buangan padat yang berbentuk halus sebagian ada yang larut dan sebagian lagi tidak dapat larut akan terbentuk koloidal yang melayang dalam air (Chiras dan Daniel, 1995).

2.2.2 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.

2.2.3 Bahan buangan anorganik.

Bahan buangan anorganik pada umumnya berupa limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Darmono (2001) menyatakan bahwa 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).

2.2.4 Bahan buangan olahan bahan makanan

Limbah cair 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 mikroorganismenya akan terurai menjadi senyawa yang mudah menguap dan berbau busuk (Diaz, 2008).

2.2.5 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 *et al.*, 2000). Menurut Fardias (1993) 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.

2.2.6 Bahan buangan kimia

Bahan buangan zat kimia banyak ragamnya, tetapi yang dimaksud adalah bahan pencemar air yang berupa sabun (deterjen, shampo dan bahan pembersih lainnya), zat warna kimia dan bahan pemberantas hama (insektisida). Adanya bahan buangan zat kimia yang berupa sabun (deterjen, shampo 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 oleat) yang direaksikan dengan basa NaOH atau KOH, berdasarkan reaksi kimia berikut ini :



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 limbah cair dapat menaikkan pH limbah air (Saeni, 1989).



Gambar 2.2
Limbah cair industri garmen di Bali

2.3 Karakteristik limbah cair

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

Tabel 2. 2
Karakteristik limbah cair RSUP Sanglah

| No | Parameter | Konsentrasi |
|-----|---|---------------|
| 1. | BOD – mg/l | 27,61-19,59 |
| 2. | COD – mg/l | 158,68-591,24 |
| 3. | Kalium permanganat (KH _n O ₄) – mg/l | 64,6-256,49 |
| 4. | Ammoniak (NH ₃) – mg/l | 12,5-63,62 |
| 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, menunjukkan pencemaran oleh bahan organik (senyawa organik dan anorganik). TSS menunjukkan pencemaran karbohidrat (sisa tanaman, hewan dan zat padat). Parameter amonia (NH₃), nitrat (NO₃), nitrit (NO₂) menunjukkan pencemaran yang bersumber dari kegiatan dapur berupa bahan buangan pangan (Askarian, 2004). Parameter Chlorida (Cl), sulfat (SO₄) 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 KMnO₄ 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 deterjen (Kumar *et Al.*, 2006). Adanya unsur Chlorida menunjukkan telah dilakukan perlakuan kimia berupa klorinasi, desinfektan untuk membunuh mikroorganisme patogen dan pembersih (Giyatmi, 2003). Parameter TSS (*total suspended solid*) menunjukkan limbah cair mengandung selulose dan hemiselulose 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 menyebabkan 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 patogen (Emmanuel, *et al.*, 2002). Limbah hasil dari kegiatan rumah sakit dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 2.3
Salah satu contoh limbah cair Rumah Sakit di Bali

2.4 Pengaruh Limbah Terhadap Kualitas Air.

Pencemaran air dapat ditunjukkan oleh perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi perairan. Perubahan fisik yang dimaksud adalah: suhu, warna, bau, kecerahan, kekeruhan, dan padatan tersuspensi total. Parameter kimia antara lain: salinitas, suhu, pH, DO, BOD, COD, Fe, sulfat (SO_2), amonia (NH_3), clorida (CL) nitrat (NO_3), nitrit (NO_2), fosfat dan karbon dioksida (Rukaesih, 2004). Parameter biologi meliputi : fecal colifom dan mikroorganisme (Rao dan Mamatha, 2004)

2.4.1 Sifat fisik air

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 *et al.*, 2000).

Bau yang berasal dari dalam air dapat langsung berasal dari bahan-bahan

buangan atau Limbah cair 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 al.*, 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 masuk ke dalam suatu perairan (Rao dan Mamata, 2004).

2.4.2 Sifat kimia air

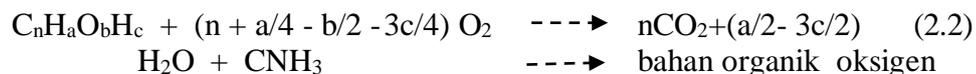
Sebuah molekul air terdiri atas satu atom oksigen yang berikatan kovalen dengan dua atom hidrogen, gabungan dua atom hidrogen dengan satu atom oksigen yang membentuk air (H_2O). Air merupakan molekul yang sangat kokoh dan untuk menguraikan air diperlukan jumlah energi yang besar, jumlah yang sama juga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

Salinitas merupakan gambaran jumlah kelarutan garam dan konsentrasi ion-ion dalam air, salinitas juga berpengaruh terhadap derajat kelarutan senyawa-senyawa tertentu (Pusstan, 2003). Secara langsung organisme perairan

mebutuhkan kondisi air dengan tingkat kemasaman tertentu (Rukaesih, 2004). Air dengan pH yang terlalu tinggi atau terlampau rendah dapat mematikan organisme, demikian pula halnya dengan perubahannya, umumnya organisme perairan dapat hidup pada kisaran pH antara 6,7 dan 8,5. Penambahan suatu senyawa ke perairan menyebabkan perubahan pH menjadi lebih kecil dari 6,7 atau lebih besar dari 8,5.

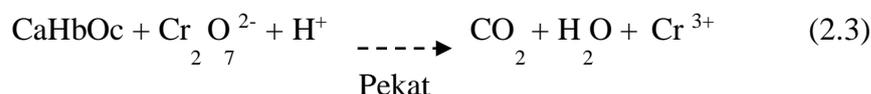
Konsentrasi oksigen terlarut DO (*disolved oksigen*) merupakan parameter penting yang harus diukur untuk mengetahui kualitas perairan. Organisme perairan tidak selalu nyaman hidup pada air dengan kandungan oksigen tinggi. Air dengan oksigen terlalu tinggi 200% jenuh berakibat dapat membahayakan organisme (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 amino, lemak dan protein). dan anorganik (logam berat, amoniak, nitrit) serta mikroorganisme yang berpotensi mengkonsumsi oksigen (Sugiharto, 1987). Semakin besar BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran Limbah cair semakin besar. Proses penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikro organisme atau oleh bakteri aerobik adalah sebagai berikut :



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 terlarut dalam air. Uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dari uji BOD, karena pengoksidasi COD lebih kuat sehingga bahan-bahan yang tersisa dari reaksi biologi dapat teroksidasi dalam uji COD (Kasmidjo, 1991).

Pengukuran COD berpedoman pada prinsip bahwa semua bahan organik dapat dioksidasi secara sempurna menjadi CO₂ dan H₂O dengan bantuan oksidasi kuat dalam kadar asam. Menurut Mcleod dan Eltis (2008) bahan buangan organik akan dioksidasi oleh Kalium bichromat menjadi gas CO₂ dan H₂O serta sejumlah ion Chrom. Kalium bichromat atau K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*), selanjutnya dikatakan oksidasi terhadap bahan buangan organik akan mengikuti reaksi berikut ini :



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 industri, 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 kemasaman (pH) suatu perairan, sehingga dengan menurunnya pH akan mempengaruhi kehidupan organisme yang ada dalam air (Barek *et al.*, 1998). 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 menjadi 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).

2.4.3 Sifat biologi air

Bio indikator 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 mengidentifikasi adanya patogen dalam air (Fardiaz, 1993).

2.5 Pengolahan Limbah Cair

Pengolahan limbah cair bertujuan untuk menghilangkan dan menguraikan bahan pencemar sampai ambang batas baku mutu yang ditetapkan. Teknologi biofilter dapat menurunkan bahan pencemar dengan tingkat Efisiensi nilai parameter BOD, COD, TSS sekitar 80%–90% (RSUD Tabanan, 2010) dan Teknologi biosave dapat menurunkan nilai parameter BOD, COD, TSS sekitar 65%-80% (RSUD Bangli, 2010). Kandungan unsur masih didominasi oleh bahan organik (senyawa organik dan anorganik) yaitu amonia 12,5%-65% dan nitrat 0,017-0,35% serta chlorida.

2.5.1 Konsep dasar pengolahan limbah

Jumlah limbah cair yang besar dan tingkat pencemaran tinggi harus melalui beberapa tahapan proses perlakuan fisik, kimia dan biologi secara terpadu. Dengan jumlah Limbah cair yang kecil dan hanya memenuhi tingkat kejernihan yang sesuai standar mutu kesehatan 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:

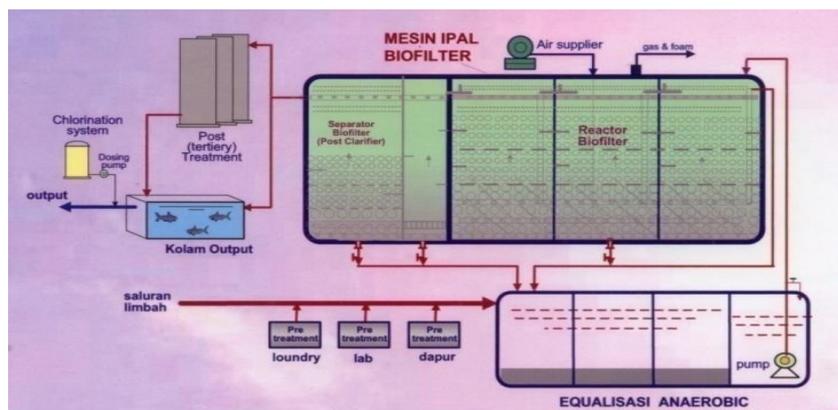
Perlakuan fisik, merupakan skrining atas dasar ukuran partikel untuk pemisahan bahan/partikel yang besar dengan alat penyaring, pengapungan untuk pemisahan partikel yang mengapung seperti lilin, lemak dan minyak, sedimentasi untuk partikel kecil yang berdensiti lebih besar (Pusstan, 2003).

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).

2.5.2 Proses pengolahan limbah cair biodetox.

Proses penanganan limbah cair rumah sakit dengan menggunakan sistem teknologi biodetox merupakan teknologi yang menekankan perlakuan biologi dengan berbagai tahapan proses perlakuan seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4
Rangkaian proses sistem teknologi biodetox

Dari Gambar 2.4 terlihat limbah yang mempunyai bahan organik tinggi dialirkan di bak penampungan homogenitas limbah cair terjadi kemudian dilanjutkan ke kolam konvensional, perlakuan fisik dan kimia seperti penyaringan (*filtrasi*), pengendapan (*sedimentasi*) melalui pengumpulan (*flokulasi*) dengan koagulan, penghilangan (*klorinasi*) dengan *Desinfektan* sangat penting diberikan, karena selain dapat membasmi bakteri dan mikroorganisme seperti: amuba, ganggang, klorin juga dapat mengoksidasi Fe^{2+} , Mn^{2+} menjadi Fe^{3+} , Mn^{3+} dan memecah molekul organik seperti warna (Kienholz, 2000). Hal ini dilakukan untuk memisahkan komponen partikel limbah cair melalui penyerderhanaan komponen partikel limbah cair (ukuran) dan menghilangkan beberapa unsur yang menghambat proses.

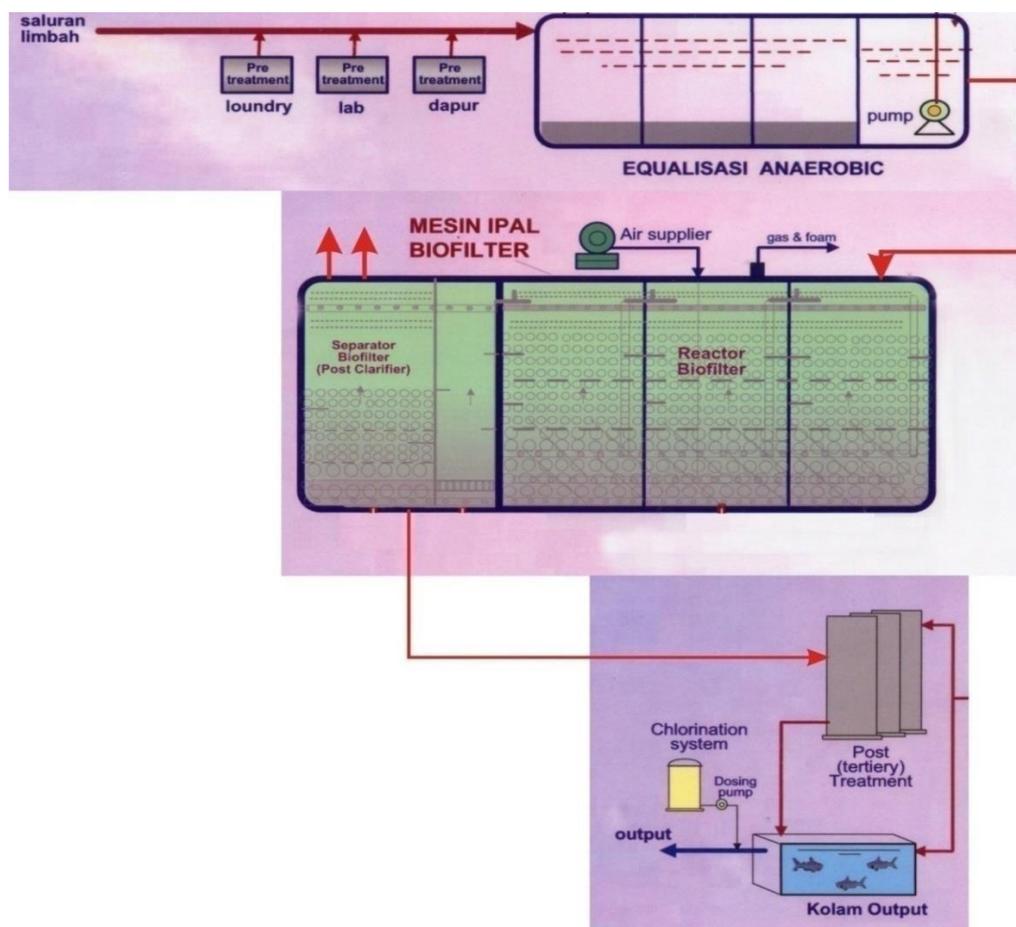
Apabila limbah cair sudah mempunyai ukuran lebih sederhana berupa padatan terlarut, padatan tersuspensi dilanjutkan dengan perlakuan *aerasi* yaitu penambahan oksigen yang bertujuan untuk menurunkan tingkat bahan pencemar. Diperlukan konsumsi oksigen pada umumnya sekitar 10-30 mg/l/jam dan hal ini harus 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 yaitu proses absorpsi (penyerapan gas) dan desorpsi (pelepasan gas) yang berfungsi penambahan oksigen, penurunan jumlah karbon dioksida, menghilangkan hidrogen sulfida (H₂S), metana (CH₄) dan berbagai senyawa yang bersifat volatil atau mudah menguap (Abd dan Aly, 2011). Dalam pemberian oksigen dalam proses pengolahan limbah cair ada dua cara yang dilakukan, pertama dengan cara mengontakan dengan udara dan kedua dengan gelembung-gelembung udara yang disebut *bubble aerator* (BPPT, 1996). Kedua perlakuan tersebut tidak terlepas dari tekanan air yang diberikan sehingga berpengaruh terhadap *resirculatuon sludge* dan turbulensi oksigen. Tekanan air sangat penting dalam mempertahankan komponen partikel, unsur mineral dan mikroorganisme yang bermanfaat (Pusston, 2003).

2.5.3 Penanganan limbah cair secara biologi.

Proses biologi terjadi bermula dari bahan organik yang berasal dari kegiatan laundry, dapur, kantin, laboratorium, ruang operasi, rongxen, fasilitas umum yang ditampung dalam kolam equalizer anaerob dan diteruskan ke dalam kolam konvensional. Disini terjadi interaksi antara bahan organik, oksigen dan air yang melibatkan mikroorganisme berdasarkan kebutuhan energi (herotorf dan

autotrof) dan oksigen (aerob dan anaerob). Proses biologi yang dimaksud adalah proses biologi secara alami yang melibatkan komponen unsur (senyawa organik dan anorganik) dan mikroorganisme yang terdapat dalam komposisi limbah cair dalam menekan dan menguraikan bahan pencemar selengkapnya terlihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5.

Proses penanganan limbah cair rumah sakit secara biologi.

Proses biologi terjadi bermula dari limbah cair ditampung homogenitas bahan akan terjadi, sehingga mengakibatkan kenaikan suhu selama proses dekomposisi (Nugoho, 1996). Pada awal dekomposisi suhu *sludge* ada di sekitar

15⁰C-25⁰C tergantung pada suhu udara disekitarnya dan suasana pH sedikit asam. Selama tahap mesofil, mikroflora akan tumbuh secara cepat sehingga suhu akan naik sampai 40⁰C 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 amonia hasil degradasi protein (Yowono, 2008). Pada suhu mendekati 60⁰C aktivitas jamur yang termofil terhenti, kemudian proses diteruskan oleh aktinomiset dan bakteri berspora, dalam hal ini kecepatan reaksinya mulai menurun akibat perlakuan *aerasi*.

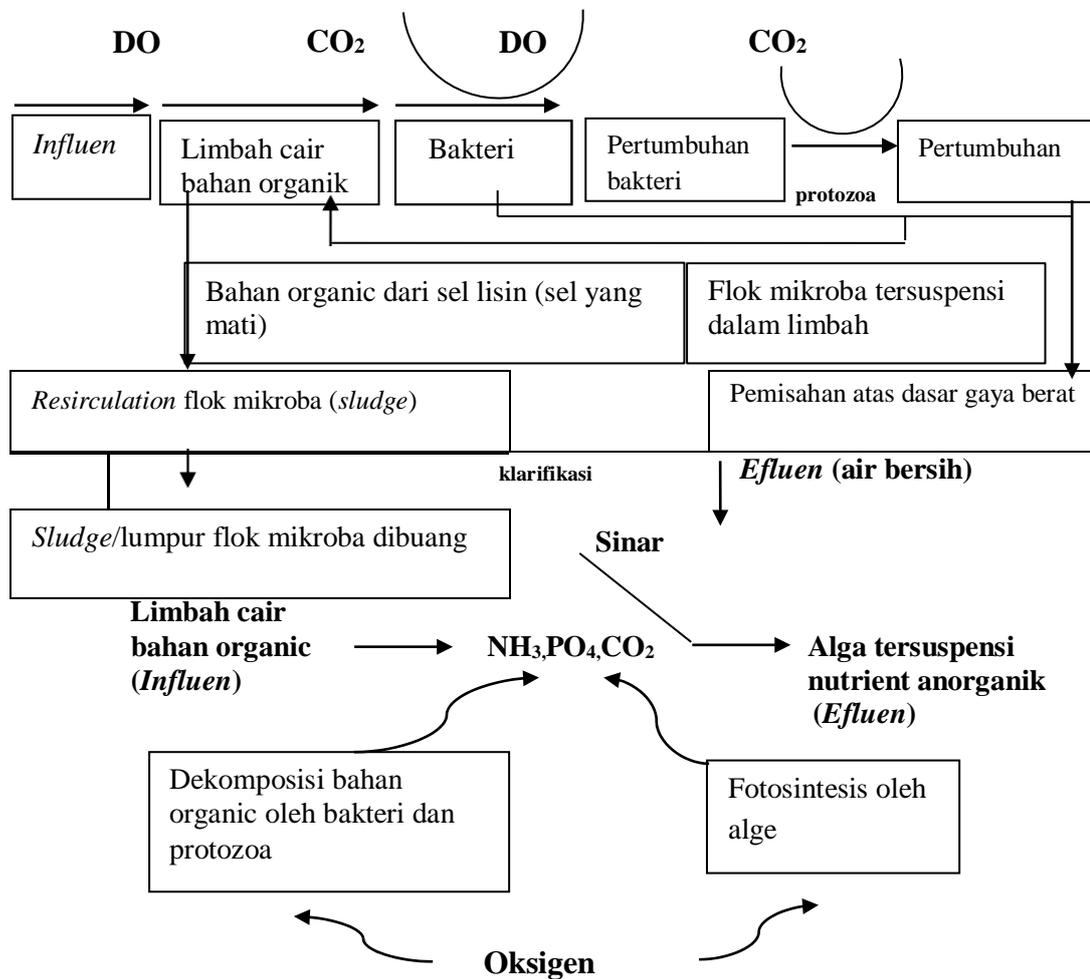
Hasil penelitian Murachman (2005) menunjukkan perlakuan *aerasi* (aerator) dengan oksigen antara 0,8-4,0 mg/l dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam proses perombakan polutan dan menekan unsur methan, H₂S dan CO₂ sekitar 60%-80 %. Apabila panas setara dengan kehilangan panas dekomposisi limbah 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 oksigen dengan tekanan air dan berpengaruh terhadap *resirculation 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 komplek pun terjadi antara residu lignin, limbah yang terdegradasi serta protein mikroba yang mati akan menghasilkan bahan dasar pupuk organik cair berupa padatan tersuspensi dalam *Efluen* yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Barnun, 2005).

Hasil penelitian Kasmidjo (1991) yang menyatakan bahwa limbah dengan tingkat BOD > 1900 dengan perlakuan *resirculation sludge* 50% akan dapat menurunkan efisiensi BOD sekitar 95%-98% dan mempertahankan kandungan BOD terlarut 50 ppm. Nugroho (1996) menyatakan 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 ppm -5000 ppm.

Mikroorganisme juga berperan aktif dalam proses perombakan bahan tercemar (polutan), seperti : kelompok bakteri, jamur, protozoa, dan ganggang (Martin *et al.*, 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. Salah satu proses biologi yang terjadi pada tahap *stabilisasi* (kondisi *aerob*) ditunjukkan oleh interaksi antara limbah cair, bahan organik dan mikroorganisme dapat dilihat pada gambar 2.6.



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

a. Bakteri

Bakteri dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok pertama 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 \rightarrow CO₂ + H₂O + energi

Anaerob : Bahan Organik + NO₃ \rightarrow CO₂ + H₂ + energi

Bahan Organik + SO₄ \rightarrow CO₂ + H₂S + energi

Bahan Organik \rightarrow asam organik + CO₂ + H₂O + energi

Asam Organik \rightarrow CH₄ + CO₂ + energi

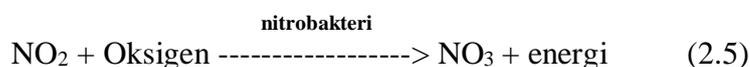
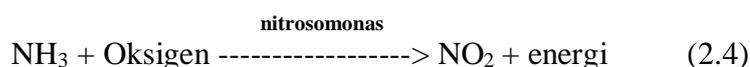
Bersamaan dengan proses biologi perubahan bahan organik tersebut tersintesa pula sel-sel mikrobia yang baru.

Energi + bahan organik \rightarrow Pertumbuhan sel

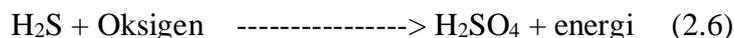
Energi \rightarrow Respirasi dan motilitas

Energi \rightarrow Hilang sebagai panas

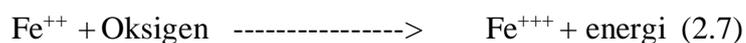
Kelompok bakteri yang kedua adalah autotrof yang mengoksidasi senyawa anorganik untuk energi dan menggunakan CO₂ untuk sumber karbon. Yang paling penting dari kelompok ini dalam kaitannya dengan proses biologi penanganan limbah adalah bakteri nitrit, sulfur dan besi (Barnun, 2005).



Diaz (2008) menyatakan dalam penanganan limbah cair aktivitas bakteri ini sering tidak diinginkan karena mengurangi ketersediaan oksigen dan menyebabkan sulitnya pengendapan sel karena gas N₂ yang timbul akibat reduksi nitrat. Aktivitas bakteri sulfur sebagai berikut :



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



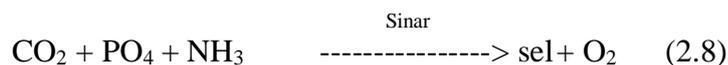
Beberapa genus bakteri yang diketahui berperan serta dalam proses penanganan Limbah cair secara biologis diantaranya *Flavobacterium*, *Alcaligenus*, *Pseudomonas*, *Zooglea*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiela*, *Bacillus*, *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Rhodopseudomonas*, *Cellulomonas*, *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 penanganan 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 fotosintetik, dan proses fotosintesa dapat digambarkan sebagai berikut ini.



Algae bersifat autotrof dan menggunakan CO₂ atau bikarbonat sebagai sumber karbon serta penggunaan nutrisi 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 Limbah cair berperan dalam mencerna bakteri dan algae.

2.5.4 Parameter teknologi pengolahan limbah cair secara biologi

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 Limbah cair (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 mikrobial bila imbang 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 :

$$\text{Rasio BOD}_5 / \text{COD} = 0,4\% - 0,8\%$$

$$\text{Rasio BOD}_5 / \text{TOC} = 1.0\% - 1.6\%$$

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 Limbah cair 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 CO₂, air dan sejumlah kecil amonia (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 CO₂. Pada keadaan anaerob produk akhir yang dihasilkan berupa metan, H₂S dan CO₂, 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 imbalan reaksi enzimatik. Suhu yang rendah misal 4°C 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 sitokrom 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).

2.5.5 Indikator hasil olahan instalasi pengolahan limbah cair terpadu (IPAL)

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

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

F/M adalah ratio ketersediaan makanan/nutrien terhadap kuantitas

mikroorganisme yang berperan dan ada dalam Limbah cair (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 mikrobial (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 Limbah cair mengadakan kontak dengan *sludge*, hubungan antara makanan (*nutrient*) dan mikrobial 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.

$$FM = \frac{QXBOD}{V - MLSS} = \frac{gBOD/hari}{gMLSS} \quad (2.9)$$

F = food/makanan

M = mikroorganisme

Q = aliran Limbah cair(1/hari)

BOD = padatan Limbah cair(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 Limbah cair dikenal sebagai *Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)*. MLSS menunjukkan 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 resirculation 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 *resirculation*, 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.

$$\text{Sludge age (hari)} = \frac{\text{g MLSS dalam tangki aerasi}}{\text{g SS dalam efluen dan sludge yang dibuat perhari}} \quad (2.10)$$

(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).

$$t = 24 \frac{V}{Q} \quad (2.11)$$

t = detention time (jam)

V = volume tangki *aerasi* (m³)

Q = kecepatan aliran *Influen* (m³/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 teknologi biofilter
Sumber: Rumah Sakit
Tabanan, 2010



Gambar 2.8

Sistem teknologi Biodetox
Sumber: 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) | Resirculati on Sludge (%) | Efisiensi Pengurangan BOD (%) |
|------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--|
| <i>Extended aeration</i> | 50 – 500 | 0.05 - 0.2 | 20 – 30 | 100 | 85 – 95 |
| <i>Conventional</i> | 500 – 650 | 0.2 - 0.5 | 6.0 - 7.5 | 30 | 90 – 95 |
| <i>Step Aeration</i> | 500 – 800 | 0.2 - 0.5 | 5.0 -7.0 | 50 | 85 – 95 |
| <i>Contact Stabilisation</i> | 500 – 800 | 0.2 - 0.5 | 6.0 - 9.0 | 100 | 85 – 90 |
| <i>High Rate Aeration</i> | >1300 | 0.5 - 1.0 | 2.5 - 3.5 | 100 | 80 – 85 |
| <i>High Purity Oxygen</i> | >1900 | 0.6 - 1.5 | 1.0 - 3.0 | 50 | 90 – 95 |

Sumber : Kasmidjo, 1991

2.6 Manfaat Limbah Cair

Limbah cair yang dimanfaatkan adalah limbah cair 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). Standar baku mutu limbah cair rumah sakit golongan A seperti Tabel 2.4.

Tabel 2.4
Baku mutu untuk kegiatan rumah sakit Golongan A

| Parameter | Kadar Maks. | Satuan | Metode Analisis |
|-----------------------------------|--------------------|---------------|------------------------|
| <u>Fisika :</u> | | | |
| Suhu | $\leq 30^0$ | ^0C | Elektrometri |
| <u>Kimia :</u> | | | |
| pH | 6-9 | | Elektrometri |
| NH ₃ N (Ammonia bebas) | 0,05 | mg/l | Tetrimetri |
| (PO ₄) Phosphat Total | 2 | mg/l | Kolorimetri |
| Total Suspended Solid | 100 | mg/l | Gravimetri |
| COD | 100 | mg/l | Tetrimetri |
| BOD ₅ | 50 | mg/l | Winkler |
| <u>Mikrobiologi</u> | | | |
| MPN, Kuman Gol. Koli/100 ml | 10.000 | Col/unit | Pencacahan |
| <u>Radioaktivitas :</u> | | | |
| ³² P | 7×10^2 | Bq/l | Geiger Counter |
| ³³ S | 2×10^3 | Bq/l | Geiger Counter |
| ⁴³ Ca | 3×10^2 | Bq/l | Geiger Counter |
| ³¹ Cr | 7×10^4 | Bq/l | Geiger Counter |
| ⁶⁷ Ga | 1×10^3 | Bq/l | Geiger Counter |
| ⁸³ Sr | 4×10^3 | Bq/l | Geiger Counter |
| ⁹⁹ Mo | 7×10^3 | Bq/l | Geiger Counter |
| ¹¹³ Sn | 3×10^3 | Bq/l | Geiger Counter |
| ¹²³ I | 1×10^1 | Bq/l | Geiger Counter |
| ¹³¹ I | 7×10^1 | Bq/l | Geiger Counter |
| ¹⁹² Ir | 1×10^4 | Bq/l | Geiger Counter |
| ²⁰¹ Ti | 1×10^3 | Bq/l | Geiger Counter |

Standar parameter untuk irigasi pertanian mengacu pada hasil penelitian yang dikemukakan oleh (Hammer, 2001), yaitu *Irrigation water quality* dengan komponen unsur seperti: TSS (*total 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 10-10⁷ 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 dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9
Saluran irigasi yang tercemar limbah di Subak Kapaon Denpasar

2.6.1 Bahan baku pupuk cair.

Beberapa komponen penting yang terdapat dalam bahan baku pupuk cair adalah asam amino, mineral, hormon, mikroorganisme. Asam amino seperti: *asparigin, glycine, lysine, ammonium accitedacid, cystein, tyrosin* dll. Unsur mineral 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 Rumah Sakit Sanglah

| 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, jasad renik

berwarna keabuan (Yowono, 2008). Pelapukan unsur hara hasil kegiatan mikroorganisme 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 sebagai, H_2O , O_2 , H_2H^+ , OH, S, Ca^{+2} , dan lain-lain.

2.6.2 Proses perombakan dan pembentukan unsur hara

Mikroorganisme 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 |
| | Virus | |
| | 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 °C dikenal sebagai psikrofil. Sedangkan mesofil menghendaki 20°C–40°C dan termofil diatas 40°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 mengikat 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 pengikat N yang tidak berasosiasi dengan tanaman dan mampu menurunkan kebutuhan pupuk nitrogen sebesar 25 %-50 % (Meagler, 2000), 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).

Azixpirillum dan *Acetobacter diazotrophicus* kedua jenis bakteri ini bersimbiose dengan tanaman inang. *Azixpirillum* dapat diperbanyak dengan

media bromotimol blue yang bebas nitrogen, kemudian dicampur dengan bahan pembawa dan cara penggunaannya seperti *Azotobacter* (Heider dan Rabus, 2008). Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil tanaman sereal seperti padi, gandum, sorgum dan jagung meningkat lebih dari 11% setelah diinokulasi dengan *Azotobacter* (Pang dan Letey, 2000).

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 m², 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 (Schuler *et al.*, 1993). *Azolla* memiliki nisbah C/N antara 12%-18%, sehingga dalam waktu satu minggu biomasa segar azolla telah terdekomposisi dengan sempurna dan dapat langsung ditanam ke dalam tanah. Keunggulan tanaman *Azolla* adalah mampu menekan lumpur (*sludge*) dan menyerap bahan pencemar (Sutanto, 2002).

Ganggang Biru (*Cyanobacter*) Ganggang biru merupakan pengikat N₂ yang cukup efektif di tanah sawah. Bakteri ini dapat dikembangkan sebagai teknologi alternatif untuk menggantikan sebagian pupuk N yang diperlukan tanaman padi (Mulvaney *et al.*, 2000). Di beberapa kawasan penghasil padi, seperti Thailand, Vietnam, dan Philipina 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 ekuivalen 55-60 kg urea/ha (McLeod dan Eltis, 2008).

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 pengikatan nitrogen secara biologis

| Tipe Penambatan N ₂ | Simbiosis | Asosiasi | Hidup bebas |
|--------------------------------|--|---|---|
| Mikroorganisme | <i>Rhizobium</i> <i>Antinomycetes</i> | <i>Azospirillum</i> <i>Azotobacter</i> | Azotobacter Klebsiella Rrodospirillum |
| Sumber energy | Sukrosa atau Karbohidrat 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 |

Sumber: Semadi (2003)

Secara garis besar mikroorganisme yang terlibat dalam sistem teknologi pengolahan limbah cair lumpur aktif (*activated sludge*) disajikan Tabel 2.7, 2.8, dan 2.9.

Tabel 2.8
Jenis bakteri

| Kelompok dan Jenis | Keterangan dan peranan |
|-----------------------------------|---|
| Menguntungkan | : Proses nitrifikasi |
| <i>Nitrosomonas europaea</i> | Penambah N ₂ udara |
| <i>Methanomonas methanica</i> | Proses pembentukan gas-bio |
| <i>Thiobacillus denitrificans</i> | Proses denitrifikasi |
| <i>Cellvriario speciosa</i> | Pengurai sellulosa |
| <i>Azccobacter vinelandil</i> | Penambat N ₂ –udara |
| <i>Beijerincria sp.</i> | Penambat N ₂ –udara |
| <i>Phizobium japonicum</i> | Penambat N ₂ –udara |
| <i>Lactobacillus plantarum</i> | Proses pembuatan asam laktat |
| <i>Lactobacillus bulgaricus</i> | Proses pembuatan yoghurt |
| <i>Proplonibacterium rubrum</i> | Proses pembuatan asam propionate |
| <i>Bacillius megaterium</i> | Jasad pengetes bioesei |
| <i>Sterptomycetes griseus</i> | Proses pembuatan antibiotika dan vit. B ₁₂ |

Sumber : Laboratorium Mikrobiologi, MIPA Universitas Gajah Mada, 2010

Tabel 2.9
Jenis jamur

| Kelompok dan jenis | Keterangan dan peranan |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Menguntungkan: | Jamur tape |
| <i>Rhizopus oryzae</i> | Jamur tempe |
| <i>Rhizopus oligosporus</i> | Jamur tempe |
| <i>Rhizopus stoloniferus</i> | Penghasil protein(PST) |
| <i>Candida utilis</i> | Jamur tape |
| <i>Endomopsis fibuligera</i> | Jamur roti |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | Jamur tape, pembuat minyak |
| <i>Saccharomyces ellipsoides</i> | Jamur minyak kelapa |
| | Jamur kecap |
| <i>Penicelium chrysogenum</i> | Penghasil antibiotika penisilin |
| <i>Penicelium notatum</i> | Penghasil antibiotika penisilin |
| <i>Penicelium cammembertii</i> | Jamur keju |
| <i>Neurospora sitophyla</i> | Jamur keju |
| <i>Claviceps purpurea</i> | Jamur oncom |
| <i>Auricularia auricular-judae</i> | Penghasil ergot/obat |
| <i>Auricularia polytricha</i> | Jamur kuping/polibagember |
| <i>Boletus edulis</i> | “mouleh”/jamur kuping |
| <i>Agaricus bisporus</i> | Bahan obat |
| <i>Pleurotus ostreatus</i> | “mushroom”, “champing non” |
| <i>Volvariella volvacea</i> | Jamur-liat |
| <i>Volvariella esculenta</i> | Jamur merang |

Sumber : Laboratorium Mikrobiologi, MIPA Universitas Gajah Mada 2010

Tabel 2.10
Jenis alge-biru-hijau

| Kelompok dan jenis | Keterangan dan peranan |
|------------------------------|---|
| Menguntungkan: | |
| <i>Gloeocapsa magma</i> | Jenis pioneer pada tanah tandus |
| <i>Oscillatoria princeps</i> | Penambat N ₂ - udara |
| <i>Spirulina maxima</i> | Penghasil protein (PST) |
| <i>Anabaena azollae</i> | Penambat N ₂ -udara, simbiosis |
| <i>Anabaena eycadae</i> | Penambat N ₂ -udara, simbiosis |
| <i>Anabaena fertilissima</i> | Penambat N ₂ -udara, bebas |
| <i>Aulosira fertilissima</i> | Penambat N ₂ -uadar, bebas |
| <i>Calothrix parietima</i> | Penambat N ₂ -udara, bebas |

Sumber : Laboratorium Mikrobiologi, MIPA Universitas Gajah Mada 2010

2.6.3 Larutan hara tanaman.

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 mikroorganisme 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 (H₂O), udara (CO₂), 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 | 300-500 |
| | Kalsium sulfat | |
| N | Amonium sulfat | 100-400 |
| | Amonium nitrat | |
| K | Kalium nitrat | 100-200 |
| | Kalium sulfat | |
| 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 1,820%, fosfor 0,857%, 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 III

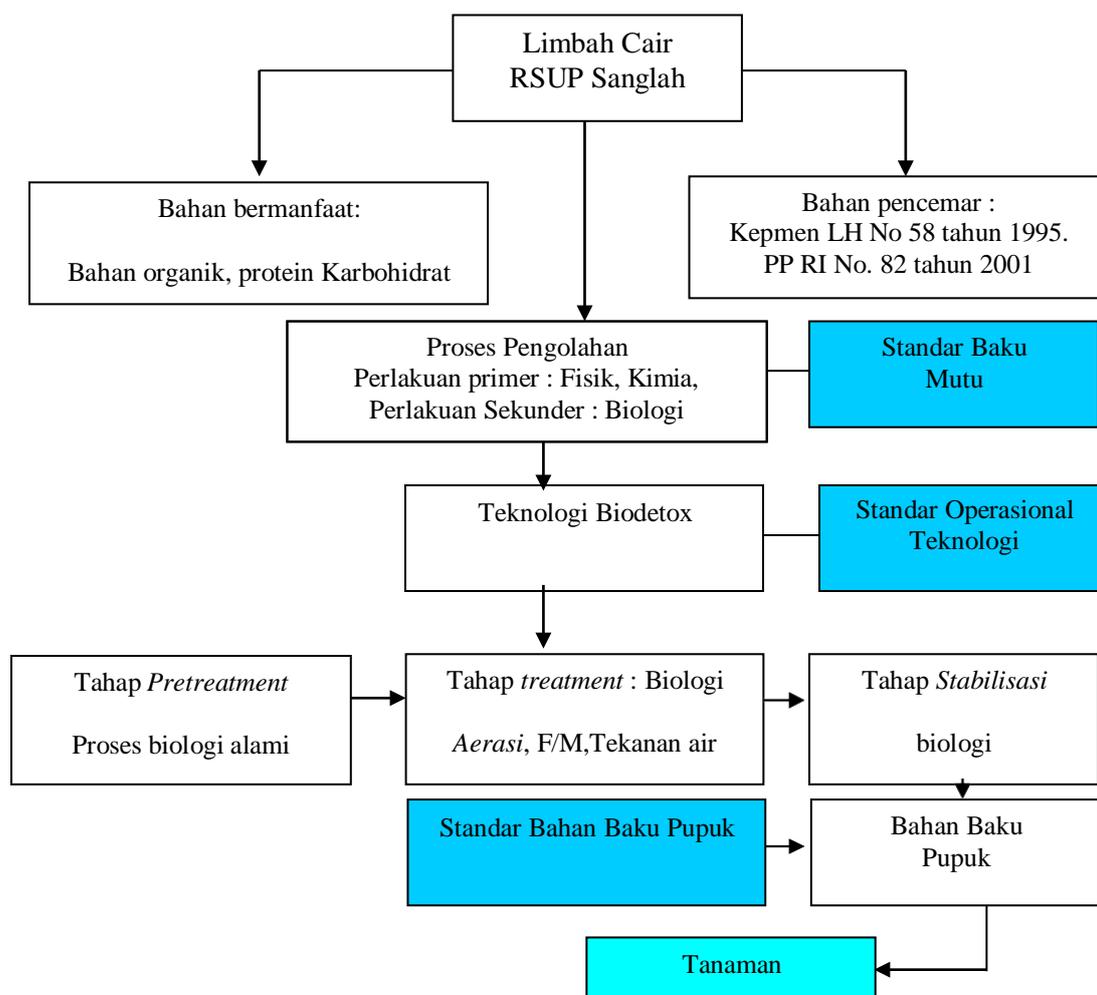
KERANGKA BERPIKIR, KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN

3.1 Kerangka Berpikir

Berdasarkan teori dan kajian empiris, limbah cair selain mengandung bahan pencemar (Kepmen LH No. 58 tahun 1995) juga mengandung unsur yang bermanfaat (Emanuel *et al.*, 2001; Almuneef dan Afonso, 2003; Fairchild *et al.*, 2000). Limbah cair rumah sakit mempunyai karakteristik yang bisa dimanfaatkan, karena mengandung bahan organik berupa karbohidrat dan protein yang cukup tinggi (Mikhelsen, 2000; Martin *et al.*, 2000; Gegner, 2002; Chang, 1995 dan Chapman 1996). Proses pengolahan limbah cair secara biologi (*biological system*) adalah proses menginteraksikan bahan organik, oksigen dan air dengan melibatkan mikroorganisme berdasarkan kebutuhan oksigen (aerob dan anaerob) dan energi (heterotrof dan autotrof) berupa senyawa organik, senyawa anorganik dan CO₂ (Bareck *et al.*, 1998; Chitnis *et al.*, 2003; Pauwels dan Vertraete, 2006).

Penggunaan teknologi yang menekankan perlakuan biologi seperti: biofilter, biosave, lagoon, lumpur aktif mampu menurunkan bahan pencemar 60%- 80% dan memenuhi standar bahan baku yang diinginkan (Hammer 2001; Nugroho, 1996; Pusstan, 2003). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan baku limbah cair bisa dimanfaatkan sebagai pupuk organik dan meningkatkan hasil 30%-45% dibandingkan pupuk yang berstandar (Caldwell, 2001; Ayub, 2010, Budi-Prasetya dkk., 2009). Limbah cair pada level tertentu

juga dapat menyebabkan peningkatan suhu, pH dan salinitas yang akan menyebabkan kenaikan kadar garam terlarut dan terhambatnya reaksi enzimatik, substrat, respirasi dan terhentinya inti sel (Simmon *et al.*, 2009; Qodir *et al.*, 2010). Untuk aman dimanfaatkan dan memenuhi standar baku mutu harus melalui rangkaian tahapan proses pengolahan limbah cair yang menggunakan teknologi biodetox. Kelayakan bahan baku pupuk hasil teknologi biodetox dilakukan pengujian terhadap respon tanaman. Kerangka berpikir disajikan dalam bentuk skema dibawah ini.

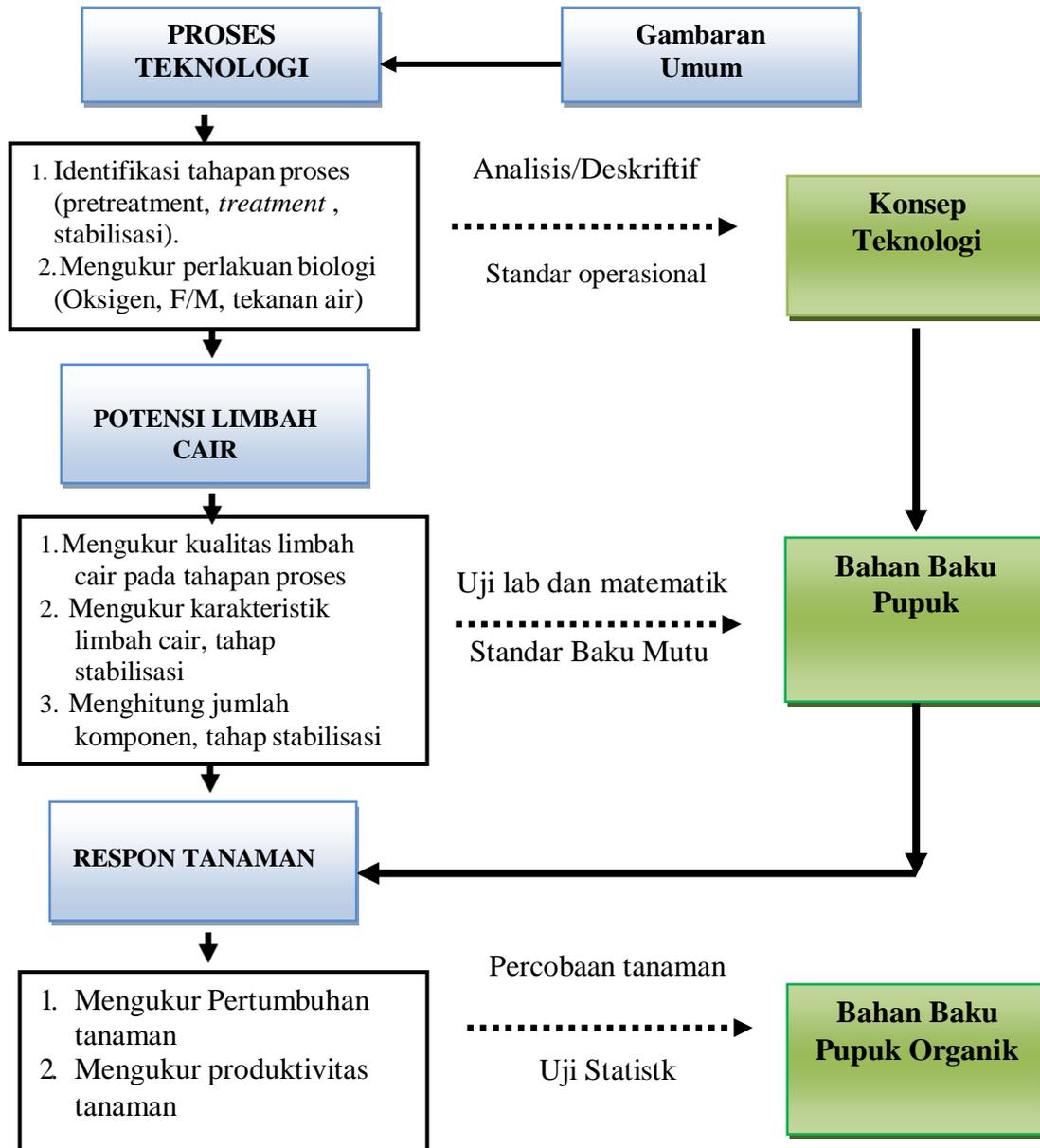


Gambar 3.1
Kerangka berpikir

3.2 Konsep Penelitian

Hasil observasi di RSUP Sanglah di Denpasar Bali, khususnya wilayah instalasi pengolahan limbah cair (IPAL) menunjukkan bahwa limbah cair RSUP Sanglah dikelola dengan menggunakan teknologi biodetox dan hasilnya sudah dimanfaatkan untuk penyiraman tanaman (Lampiran 1, 2, 3). Dari hasil observasi tersebut kemudian dilakukan pengujian dengan konsep penelitian yang meliputi: penelitian tahap pertama proses teknologi yaitu mengidentifikasi tahapan proses (*pretreatment*, *treatment* dan *stabilisasi*) dan mengukur perlakuan biologi (oksigen, F/M, tekanan air) kemudian dibandingkan dengan standar operasional 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.

Dari hasil penelitian tersebut akan dapat menjawab kriteria dari bahan baku pupuk organik hasil proses teknologi yang menyangkut keamanan, efisiensi dan standar baku mutu yang nantinya berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk. Konsep penelitian dipaparkan pada skema dibawah ini.



Gambar 3.2
Konsep penelitian

3.3 Hipotesis

Berdasarkan kajian teoritis, deskripsi dan analisis variabel hasil penelitian yang mempunyai relevansi terhadap permasalahan yang akan diteliti, peneliti membuat suatu hipotesis antara lain :

1. Proses teknologi pengolahan limbah cair RSUP Sanglah sudah memenuhi standar operasional teknologi.
2. Potensi limbah cair RSUP Sanglah ditinjau dari kualitas dan karakteristik sudah memenuhi standar bahan baku pupuk.
3. Bahan baku pupuk hasil teknologi pengolahan limbah cair biodetox berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Rancangan Penelitian

Penelitian eksperimen ini dilaksanakan untuk menguji karakteristik limbah cair dan bahan baku pupuk hasil teknologi pengolahan limbah cair terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Karakteristik limbah cair dianalisis dengan cara kualitatif dan kuantitatif. Kuantitatif berdasarkan nilai kandungan unsur dan kualitatif berdasarkan analisis sifat fisik, kimia dan biologi limbah cair (Creswell, 2009).

Proses teknologi digambarkan dengan menggunakan metode *diskriptif comparative* (analisis dan perbandingan) yaitu menganalisis variabel perlakuan biologi oksigen, F/M, tekanan air yang diberikan pada setiap tahapan proses, kemudian dibandingkan dengan standar operasional teknologi pengolahan limbah cair yang menggunakan prinsip biologi. Hasil uji laboratorium limbah cair pada setiap tahapan proses perlakuan (*pre treatment*, *treatment* 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 diuji dengan menggunakan analisis statistik dengan menggunakan sidik ragam sesuai dengan rancangan yang digunakan rancangan acak kelompok (RAK). Jika interaksi nyata, maka analisis dilanjutkan untuk mencari pengaruh tunggal perlakuan yang nyata dilanjutkan dengan uji beda nyata taraf 5%, semua taraf pengujian menggunakan *Compeftor software V 5.1 Costat Nesel dan rstat* yaitu menguji secara statistika untuk mencari pengaruh, menganalisis sidik ragam untuk mencari perbedaan. Penelitian ini terdiri dari dua faktor yaitu jenis bahan pupuk dan dosis bahan pupuk. Faktor pertama yang diuji adalah tiga jenis bahan pupuk yang terdiri dari:

- K = Pupuk Biodetox (hasil olahan teknologi)
- B = Pupuk Biosugih (pupuk organik berlabel)
- V = Pupuk majemuk Hiponex (pupuk kimia)

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

K_0 = Dosis 0 g/polibag

K_1 = Dosis 10 g/polibag

K_2 = Dosis 15 g/polibag

K_3 = Dosis 20 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 |

4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah instalasi pengolahan limbah cair (IPAL) Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah (RSUP) di Denpasar Bali. Pengujian sampel limbah cair dilakukan di beberapa laboratorium yang telah bersertifikasi seperti: laboratorium RSUP Sanglah, laboratorium Forensik Polda Bali, Laboratorium Fakultas MIPA Universitas Gajah Mada. Pengujian tanaman dilakukan di Fakultas Pertanian Universitas Warmadewa di Denpasar Bali.

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap yaitu : penelitian lapangan (pengambilan sampel), penelitian laboratorium (pengujian sampel), penelitian tanaman (respon tanaman). Penelitian lapangan dilakukan mulai tanggal 15 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.

4.3 Ruang Lingkup Penelitian

4.3.1 Proses teknologi biodetox

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

4.3.2 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.

4.3.3 Respon tanaman.

1. Pertumbuhan tanaman
2. Hasil tanaman

4.4 Penentuan Sumber Data

Penentuan sumber data dilakukan berdasarkan tujuan penelitian yang meliputi :

- 4.4.1** RSUP Sanglah (RSUP) (Gambaran umum).
- 4.4.2** Di Wilayah instalasi pengolahan limbah cair (IPAL).
- 4.4.3** Pada tahapan proses perlakuan teknologi (*Pretreatment, treatment, stabilisasi*).
- 4.4.4** Pada tahap *stabilisasi* (potensi bahan baku pupuk).
- 4.4.5** Percobaan tanaman (respon tanaman).

4.5 Variabel Penelitian

Penelitian ini meliputi tiga aspek yaitu : proses teknologi, potensi limbah cair dan respon tanaman. Variabel penelitian seperti dibawah ini.

4.5.1 Variabel proses teknologi biodetox

1. *Pre treatment, treatment, stabilisasi* (tahapan proses).
2. Oksigen, F/M, tekanan air (perlakuan biologi).

4.5.2 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, berat akar).
2. Hasil tanaman (berat basah daun, berat kering oven daun, berat kering oven total tanaman).

Tabel 4.1
Variabel dan indikator penelitian

| | Proses teknologi | Potensi | | | Respon Tanaman |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|
| | | Kualitas limbah cair | Karakteristik limbah cair | komponen limbah cair | |
| Variabel | Tahapan proses dan perlakuan biologi | Fisik, kimia, biologi | BOD,COD, TSS,amoinum, nitrat, nitrit. | Padatan tersuspensi, padatan terlarut, <i>Efluen</i> | Tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat basah daun dll |
| Indikator | Konsep teknologi | Kandungan unsur | Kandungan Bahan organik. | Bahan baku pupuk | Pertumbuhan hasil tanaman. |

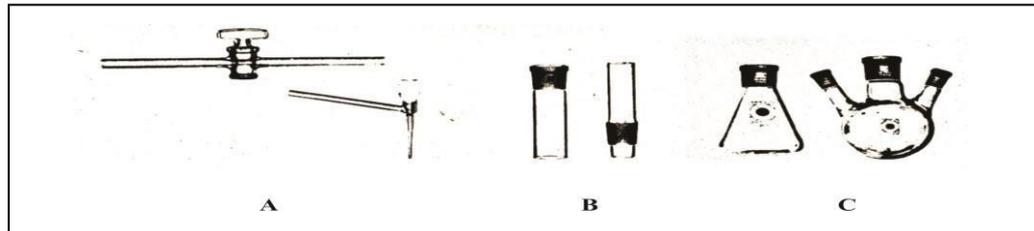
4.6 Bahan dan Alat

Bahan dan alat penelitian dikelompokkan menjadi dua yaitu bahan penelitian respon tanaman dan bahan 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,

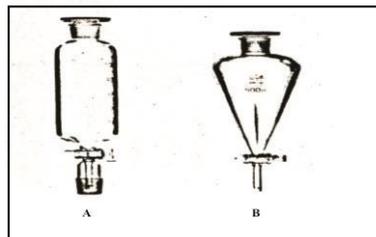
Bahan yang digunakan dalam penelitian limbah cair adalah bahan kimia larutan buffer, KMnO_4 , aquades, styrofoam box, dan es balok, sampel tanah pada

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.

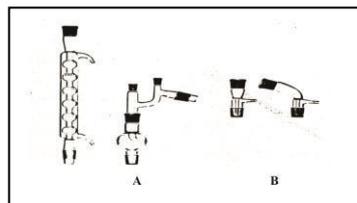
4.7 Instrumen Penelitian



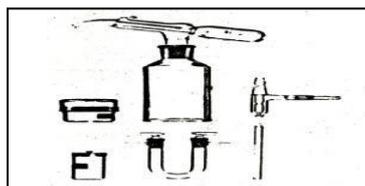
Keterangan : A) 2 jenis kran, masing-masing terbuat dari kaca dan plastic Teflon
 B) 2 bagian sambungan yang tergosok. C) Gelas COD dan gelas bulat yang tahan panas.



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 | Analisis 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 | Titration asam dan basa |
| 12 | Turbidimeter | 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 Limbah cair RSUP Sanglah di Denpasar Bali, terkait aktivitas, jumlah limbah, kapasitas yang dimiliki, teknologi pengolahan limbah yang dipergunakan. Tahapan jalannya penelitian terdiri dari 3 tahap yaitu :

4.8.1 Tahap pertama (Proses teknologi)

1. Mengidentifikasi tahapan proses teknologi (*pretreatment*, *treatment*, *stabilisasi*).
2. Mengukur perlakuan biologi yang diberikan (pH, suhu, oksigen, F/M, tekanan air (*resirculation sludge*)).

4.8.2 Tahap kedua (Potensi limbah cair)

1. Penentuan stasiun pengamatan.

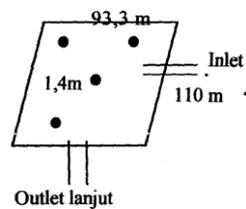
Penentuan stasiun pengamatan berdasarkan tahapan proses perlakuan teknologi pengolahan limbah. Stasiun pengamatan *pre treatment* (Stasiun A), *treatment* (Stasiun B), *stabilisasi* (Stasiun C) dan *aerasi* (stasiun D)

2. Penentuan titik pengambilan sampel.

Penentuan titik dilakukan dengan metode sistematis bertingkat tidak pada satu garis lurus (*stratified systematic milled 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.

3. Pengambilan sampel limbah cair dilakukan seperti di bawah ini.

a. Pengambilan sampel air pada stasiun A (kolam equalisasi)



Keterangan :

● = Titik sampel
 — = Masuknya limbah

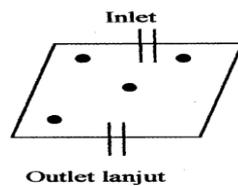
— = Keluarnya limbah

Kedalaman 1,4 m

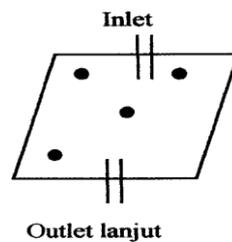
Lebar 93,3 m

Panjang 110 m

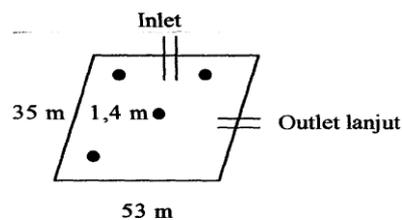
b. Pengambilan sampel air pada stasiun B (kolam *aerasi*) berbatasan dengan kolam sedimentasi dan equalisasi dengan jarak 1 meter dari kolam *stabilisasi*.



c. Pengambilan sampel pada stasiun C (kolam *stabilisasi*).



d. 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 chamber water sampler, jerigen, thermos box dan styrofoam yang berisi es.

4. 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 ₂ SO ₄ sp pH<2 | 7/28 hari |
| DHL | 500 | Didinginkan | 28 hari |
| Fosfat PO ₄ ³⁻ | 100 | Penyaringan: segera : lalu dibekukan pada – 10 ⁰ C | 2 hari |
| Kekeruhan | - | Disimpan di tempat gelap | ½ |
| Kesadahan Ca ²⁺ | 100 | Di tambah HNO ₃ sp pH <2 | 6 bulan |
| Mg ²⁺ | 500 | Dianalisa segera | 0,5/2 jam |
| Klor Cl ₂ | - | Penyaringan segera | 6 bulan |
| Logam ³⁾ | - | ditambah HNO ₃ sp pH<2 | |
| Nitrogen-amoniak NH ₃ | 500 | Dianalisa segera, atau ditambah H ₂ SO ₄ sp pH<2 dan didinginkan | 7/28 hari |
| Nitrat NO ₃ ⁻ | 100 | Ditambah H ₂ SO 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 ⁰ C | 0/2 hari |
| Nitrogen Kjeldahl | 500 | Didinginkan, atau ditambah H ₂ SO ₄ sp pH <2 | 7/28 hari |
| Oksigen O ₂ ⁴⁾ | 300 | Cara elektroda khusus: Dianalisa segera | 0,5/1 jam |
| | | Cara titrasi Winkler : Dianalisa segera, atau ditambah H ₂ SO ₄ sp pH <2 | 8 jam |
| pH | 100 | Dianalisa segera | 2 jam |
| Suhu | - | Dianalisa segera | - |
| Warna | 500 | Didinginkan | 2 hari |
| Zat Tersus_ | 200 | Didinginkan | 7/14 hari |
| Pensi | | | |

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).

5. Menghitung jumlah komponen

- 1) Menghitung jumlah limbah yang meliputi: aliran air limbah, volume kolam *aerasi*, total padatan *Influen*, padatan tersuspensi *Influen*, BOD *Influen*.
- 2) 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 sedimentasi, *aerasi* dan buangan lumpur (*sludge*).
- 3) Membandingkan parameter karakteristik Limbah cair dengan standar baku mutu untuk bahan baku pupuk.

4.8.3 Tahap ketiga (Uji respon tanaman)

1. Persiapan awal

Media pasir yang akan digunakan disterilkan terlebih dahulu dengan air panas dengan suhu 80 °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 kg. 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 4cm - 5cm. penyiraman dilakukan 1-2 kali sehari. Setelah bibit berdaun tiga helai bibit dipindahkan ke dalam okeran media tanaman.

3. Penanaman

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

4. Pemberian Larutan air dan 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 K₀, K₁, K₂, K₃,

berturut-turut 0 g/ polibag, 10g/ polibag, 15 g/ polibag dan 20 g/ polibag.

Pemberian perlakuan dosis setiap jenis pupuk diperlakukan sama.

5. Pemberantasan Hama dan Penyakit

Dalam penelitian tidak dilakukan pemberantasan hama dan penyakit karena tidak ada gejala dan indikasi penyakit busuk daun yang disebabkan oleh phytophthora infestans serta penyakit lain yang disebabkan oleh jamur selama pertumbuhan.

6. Panen

Panen sayuran dilakukan apabila daun sudah melebar penuh dan warnanya hijau.

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 :

1) Tinggi tanaman.

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setelah tanaman berumur 7 hari di pot, dan selanjutnya dilakukan setiap 7 hari sekali dengan mengukur mulai dari permukaan media sampai titik tumbuh yang tertinggi.

2) Jumlah daun per tanaman (helai).

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

3) 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), 15 hst, dan 20 hst.

4) Berat daun tanaman (g).

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

5) Berat akar tanaman (g).

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

6) Berat total tanaman (g).

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

7) Berat kering oven daun per tanaman (g).

Pengamatan berat kering oven tanaman dilakukan setelah panen dengan mengoven tanaman sampai 80⁰C kemudian ditimbang.

8) Berat kering oven akar per tanaman (g).

Pengamatan berat kering oven akar dilakukan pada saat setelah panen, dengan mengoven akar tanaman sampai 80⁰C kemudian ditimbang sampai beratnya konstan.

9) Berat kering oven total tanaman (g)

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

4.9 Metode Pengolahan Data Hasil Penelitian

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

Tabel 4.4
Analisis data hasil penelitian

| Tujuan penelitian | Sumber data | Metode |
|------------------------|--|---|
| 1) Gambaran umum. | Rumah Sakit Sanglah | - Diskriptif |
| 2) Proses teknologi | - Perlakuan biologi Pretreatment (stasiun A) Treatment (stasiun B) <i>Stabilisasi</i> (stasiun C) Tahap akhir (stasiun D) | - Diskriptif - 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.

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 (*resirculation 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 | °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 elektroda 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 | Spektofotometrik kjedahl |
| 13. | Nitrat | mg/l | Spektofotometrik brusin |
| 14. | Nitrit | mg/l | Spektofotmetrik Sulfanilat |
| 15. | DO | mg/l | Titrimetrik winkler |
| 16. | BOD | mg/l | Titrimetrik winkler |
| 17. | COD | mg/l | Titrimetrik bicromat |
| 18. | Deterjen | mg/l | Titrimetrik winkler |
| 19. | Minyak | mg/l | Ekstraksi |
| 20. | Phosphat | mg/l | Amm-Molydat |
| C. Biologi | | | |
| 16 | Coliform | Mpn/100ml | MPN |

Sumber : Balai Laboratorium RSUP 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 | Spektrofotometrik kjedhal |
| 2 | Nitrat | mg/l | Spektrofotometrik brusin |
| 3 | Nitrit | mg/l | Spektrofotometrik sulfanilat |
| 4 | BOD | mg/l | Titrimetrik winkler |
| 5 | COD | mg/l | Titrimetrik bicromat |

Sumber: Laboratorium Daerah Bali, 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 ⁰ C 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 zat tersuspensi dikeringkan pada 105 ⁰ C 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 ⁰ C Selama 1 jam; semua zat organis hilang sebagai gas H ₂ O 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 Organik; 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.

$$\text{Kolam Sedimentasi} = \frac{Q \times Q_c \times Y_x (S_o - S) \times Y_{obs} \cdot Q}{X_x(1 \times K_d \cdot Q_c)} \quad (4.1)$$

- Q = Laju air (m²/jam)
- Q_c = Ketinggian
- Y = *Efluent* (BOD dan TSS) Terikat padatan.
- S_o = Keluar sedimen I (BOD) Terikat padatan.
- S = Keluar Sedimen I (Suspended solid) Terikat *Efluent*
- X = MLSS (Mixed Liquar Suspendet Solid)
- K_d = Luas kolam
- Y_{obs} = Pertambahan MLSS

$$\mathbf{Kolam\ aerasi} = \frac{QxQ.C.xY(So - S)}{Xx(IxKd.Qc)} \quad (4.2)$$

- Q = Laju akhir (m³/jam)
- Q_c = Ketinggian
- Y = *Efluent* (BOD dan TSS) terikat padatan
- S_o = Keluar Sedimen I (BOD) Terikat padatan.
- S = Keluar Sedimen I (Suspended solid) Terikat *Efluent*
- X = MLSS (Mixed Liquar Suspendet Solid)
- K_d = Luas kolam

$$\mathbf{Kolam\ stabilisasi} = \frac{\text{Aerasi/waktu tinggal}}{\text{Laju akhir}} \times 24 \text{ Jam /hari} \quad (4.3)$$

Efisiensi pengolahan berdasarkan BOD terlarut dengan formula sebagai

berikut: $\frac{\text{BOD} - \text{BODL}}{\text{BOD}} \times 100\%$

BOD = Yang terikat padatan

BODL = Yang terlarut *Efluent* (Sumber: Nugroho, 1999)

$$\text{Jumlah buangan lumpur aktif : } Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{1 + K_d \cdot Q_c} \quad (4.4)$$

Y = *Efluent* (mg)

$K_d = Q_c = \text{Luas Kolam Waktu}$

4.10. 3 Analisis respon tanaman

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 pada taraf 5%.

BAB V
HASIL PENELITIAN

5.1 Pengelolaan Limbah Cair RSUP Sanglah

Hasil observasi menunjukkan limbah cair RSUP Sanglah dikelola dengan menggunakan teknologi biodetox dan hasil olahannya dimanfaatkan untuk penyiraman tanaman. Jumlah limbah cair yang dikelola sebanyak 430 m³/hari. Diperkirakan 4.500 orang memanfaatkan 500.000 liter/hari air bersih, 86% kemudian menjadi limbah. Gambaran umum RSUP Sanglah pada Tabel 5.1

Tabel 5.1
Gambaran umum RSUP Sanglah

| No | Deskripsi | Besaran | Satuan | Keterangan |
|----|--------------------------------|---------|----------------------|----------------|
| 1 | Luas Lahan | 13,3 | Ha | |
| 2 | Luas Bangunan | 68,7632 | m ² | |
| 3 | Jumlah Tempat Tidur | 696 | 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 | 2.530 | Orang | Desember 2009 |
| 7 | Konsumsi Air Per Hari | 5.000 | m ³ /hari | Desember 2009 |
| 8 | Penggunaan Daya Listrik | 3.521 | KWH | Rata-rata/hari |
| 9 | Kapasitas IPAL/Jam | 129 | m ³ /jam | |
| 10 | Kapasitas Incinerator | 1 | m ³ /jam | |

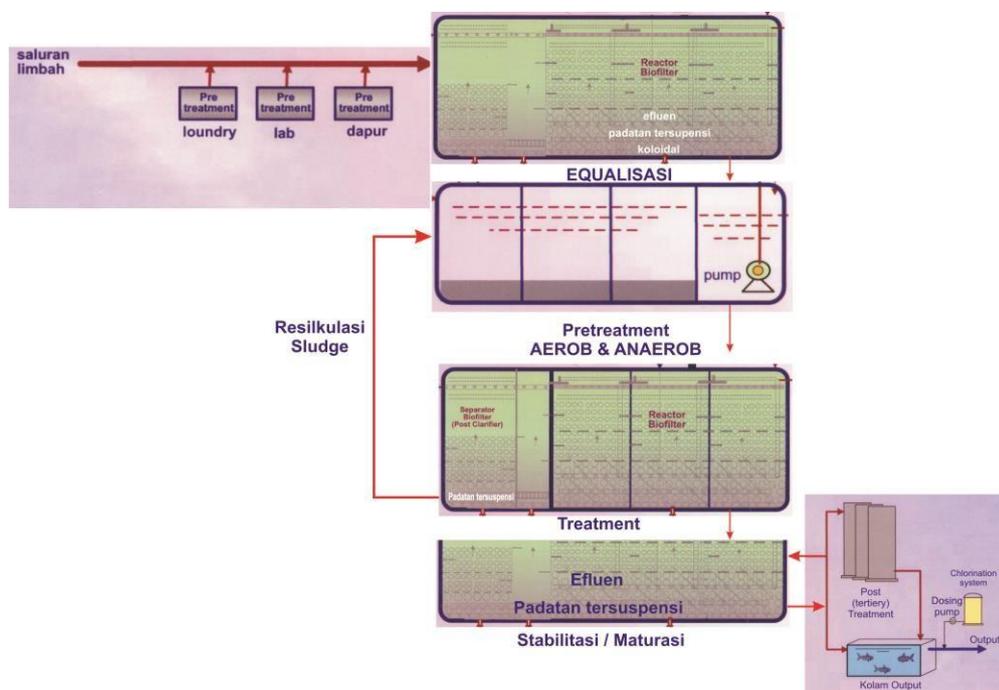
Sumber: RSUP Sanglah, Desember 2009

Produksi 430 m³ /hari Limbah cair per hari, sedangkan kapasitas terpasang IPAL RSUP Sanglah sebesar 129 m³/jam. Limbah cair bersumber dari kegiatan non medis seperti: kamar mandi laundry, dapur, tempat cuci. Kegiatan

medis seperti: laboratorium, radiologi, farmasi, dapur gizi, kamar jenazah, tempat medis dan kantin. Sumber lainnya adalah : ruang sterilisasi, ruang anastesi, ruang rawat inap, rawat jalan, rawat darurat, rawat intensif, termodialisa, bedah sentral.

5.2 Proses Teknologi

Standar operasional teknologi (SOP) yang bertujuan untuk pemanfaatan limbah cair harus memenuhi kriteria seperti: aman, efisien dan ramah lingkungan. Melalui tahapan proses, perlakuan fisik, kimia, biologi terpadu dan perlakuan teknis operasional teknologi secara biologi akan mampu menghasilkan bahan baku pupuk yang aman, efisien (senyawa sederhana) dan ramah lingkungan (standar baku mutu). Tahapan proses yaitu *pre tretament*, *treatment* dan *stabilisasi* seperti Gambar 5.1



Gambar 5.1 *Pre treatment, treatment dan stabilisasi*

5.2.1 Tahapan proses

Berdasarkan rangkaian proses teknologi biodetox terdapat tahapan proses *pre treatment*, dimana limbah cair yang berasal dari kegiatan *laundry*, dapur, kantin, laboratorium, ditampung dalam kolam *equalizer anaerob* disini terjadi homogenitas komponen limbah cair. Kemudian limbah cair diteruskan ke kolam konvensional disini terjadi proses pemisahan komponen partikel yaitu penyederhanaan dan penguraian komponen partikel limbah cair oleh mikroorganisme menjadi bentuk yang lebih sederhana.

Pada tahap proses *treatment*, limbah cair yang berasal dari kolam konvensional dimasukkan kedalam kolam *aerasi* disini limbah cair kontak dengan udara, dimana mikroorganisme akan mengubah kandungan organik menjadi anorganik melalui proses fermentasi sekaligus menghilangkan bahan pencemar seperti hidrogen sulfat ($H_2 S$), metana (CH_4), NH_3 , penurunan jumlah karbon dioksida dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatil (menguap) yang berkaitan dengan rasa dan bau. .

Pada tahap *stabilisasi*, limbah cair yang telah mengalami proses penghilangan bahan pencemar dan dalam bentuk senyawa yang lebih sederhana dimasukkan kedalam kolam stagnasi bertujuan untuk menstabilkan komponen unsur limbah cair dan memberikan kesempatan mikroorganisme makroflora dan makrofauna seperti Alga, jamur, fungi protozoa, dan bakteri mendegradasi masa yang kecil menjadi bentuk yang tersedia untuk tanaman.

5.2.2 Perlakuan fisik, kimia, biologi

Hasi analisis terhadap tahapan proses menunjukkan terjadi perlakuan fisik, kimia dan biologi secara terpadu. Perlakuan fisik, seperti: penyaringan (*filtrasi*), pengendapan (*sedimentasi*) bertujuan untuk memperoleh ukuran partikel limbah cair yang lebih sederhana. Perlakuan kimia seperti: pemberian *desinfektan* diberikan diluar tahapan proses bertujuan menghilangkan bahan pencemar. Perlakuan biologi seperti: memberikan sejumlah mikroorganisme yang terdapat pada komposisi limbah cair ke masing -masing tahapan proses yang bertujuan untuk mengkondisikan lingkungan supaya proses biodegradasi yang melibatkan mikroorganisme tetap berlangsung.

5.2.3 Perlakuan biologi

Menurut Pauwel yang dimaksud perlakuan biologi adalah mengkondisikan lingkungan limbah sehingga proses biologi tetap berlangsung. Kondisi lingkungan limbah menyangkut ketersediaan jumlah makanan dan mikroorganisme (F/M), ketersediaan oksigen, pH, suhu. Standar teknis operasional yang menekankan prinsip biologi adalah pemberian oksigen (periode *aerasi*) melalui aerator, pemberian jumlah makanan dan mikroorganisme (F/M), mengatur kecepatan aliran limbah cair (*resirculation sludge*) dan mengatur waktu tinggal limbah cair pada setiap tahapan proses. Teknis operasional biodetox dan standar teknis operasional prinsip biologi seperti Tabel 5.2

Tabel 5.2
 Perlakuan standar teknologi biodetox dan standar operasional
 teknologi pengolahan secara biologi

| Parameter | Perlakuan teknologi biodetox | Standar operasional teknologi pengolahan limbah cair (Nugroho, 1996). |
|-------------------------|---------------------------------|--|
| 1.Periode <i>aerasi</i> | 3,5 jam/hari | 6-9 jam |
| 2.Beban BOD | 580 g/m ³ /hari | 500 – 800 g/m ³ /hari. |
| 3.Rasio F/M | 0,2–0,45 g/BOD/hari/g MLSS | 0,2-0,5g/BOD/hari/g/ MLSS |
| 4.Aliran limbah cair | 45 % | 95 % |
| 5.Total padatan | 18,5% | 25% |
| 6.Padatan tersuspensi | 79,3% | 82% |
| 7.Effisiensi BOD | 89,2% | 85%-95% |
| 8.Umur <i>sludge</i> | 2-5 hari | 5-10 hari |

1. Periode pemberian oksigen (*aerasi*)

Pemberian oksigen yang diberikan selama 3 jam/hari mampu menurunkan tingkat BOD sebesar 88,2% dari beban BOD 577 g/m³/hari pada proses operasional teknologi limbah cair RSUP Sanglah (Tabel 5.2). Standar operasional teknologi pengolahan limbah cair dengan beban BOD sebesar 500-800 g/m³/hari diberikan perlakuan oksigen (*aerasi*) selama 6-9 jam/hari.

2. Makanan dan populasi mikroorganisme (*F/M rasio*).

Perbandingan jumlah makanan dan populasi mikroorganisme sebesar 0,2-0,45 g/BOD/hari/g/MLSS yang diberikan berupa lumpur sudah mampu menjaga tetap berlangsungnya proses biologi dan sesuai standar operasional yang ditetapkan (Tabel 5.2), hal ini akan berpengaruh terhadap keseimbangan lingkungan dimana limbah cair berinteraksi dengan mikroorganisme dalam menguraikan bahan pencemar. 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. Waktu tinggal limbah cair (*umur sludge*)

Lamanya waktu tinggal limbah cair sekitar 2-5 hari pada tahapan proses akan berpengaruh terhadap jumlah padatan terlarut, padatan tersuspensi dan koloidal yang masih berada pada tahapan proses dan akhirnya berpengaruh terhadap total padatan. Tingkat ketersediaan unsur dalam limbah cair tergantung dari padatan tersuspensi dalam efluen dan karakteristik limbah cair. Sedangkan waktu tinggal limbah cair (*sludge*) diharapkan 5-10 hari.

4. Kecepatan aliran limbah cair (*resirculation sludge*)

Kecepatan aliran limbah cair yang diberikan pada teknologi biodetox akan berpengaruh terhadap nilai total padatan, tingkat penurunan bahan pencemar dan tingkat penurunan BOD (Tabel 5.2), ini juga akan berpengaruh terhadap kondisi lingkungan terutama ketersediaan oksigen, suhu dan pH yang terdapat pada tahapan proses. Kecepatan aliran limbah cair juga berpengaruh terhadap keseimbangan jumlah makanan dan mikroorganisme (rasio F/M), Standar kecepatan aliran limbah cair untuk menghilangkan bahan pencemar sebesar 95% (Tabel 5.2).

5. Efisiensi bahan organik (BOD).

Penurunan jumlah bahan pencemar organik diperoleh sebesar 79,3%, ini menunjukkan penurunan jumlah bahan organik yang terikat padatan. Bahan organik yang diharapkan untuk bahan baku pupuk kurang dari 82%. Bahan organik akan berpengaruh terhadap F/M rasio, kualitas dan karakteristik limbah cair. Dari tahapan proses dan perlakuan fisik, kimia dan biologi akan menghasilkan kualitas dan karakteristik lumpur (*sludge*) yang berpotensi bisa dimanfaatkan untuk bahan baku pupuk.

5.3 Potensi Limbah Cair

Berdasarkan analisis zat padat limbah cair RSUP Sanglah menunjukkan dari jumlah limbah cair sekitar 430 m³/hari dengan komponen limbah cair terdiri dari: zat padat 599 mg/l, padatan tersuspensi *Influen* 100 mg/l, BOD *Influen* 173 mg/l yang diperoleh pada kolam aerasi, kolam sidementasi dan kolam akhir pembuangan. Melalui rangkaian proses teknologi biodetox mampu menghasilkan

bahan baku pupuk sebesar 8,6 kg/hari dengan kandungan unsur nitrogen 5,250 kg/hari dan unsur fosfor 1,05 kg/hari yang diperoleh dari perbandingan kebutuhan makanan mikroorganisme dengan perbandingan BOD: N: P = 100: 5:1.

5.3.1 Kualitas limbah cair

1. Hasil analisis variabel sifat fisik

a. Suhu

Dari hasil pengukuran pada masing-masing tahapan proses didapatkan suhu berkisar antara 28,17 °C – 29,90 °C. Variasi suhu ini masih berada pada kisaran suhu maksimum yang diperbolehkan 26°C – 29°C berdasarkan standar mutu air golongan D (Kepmen. KLH No -02/MENKLH/1/1988). Hasil tertinggi diperoleh pada tahap *stabilisasi* (stasiun C) yaitu 28,90 °C, nilai terendah diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 27,17 °C (Lampiran 8). Peningkatan suhu dari tahap *pre treatment* ke *stabilisasi* menunjukkan sudah terjadi proses biologi dan perubahan kondisi lingkungan limbah. Suhu yang masih bisa ditoleransi oleh ikan dan mikroorganisme tidak melebihi 28 °C dan 30 °C.

b. Kekeruhan

Pengukuran nilai kekeruhan pada masing-masing tahapan proses berkisar antara 818,30 NTU-185,68 NTU. Kekeruhan terjadi akibat adanya partikel koloidal dan partikel tersuspensi dari bahan pencemar organik yang terkandung dalam limbah cair. Nilai tertinggi diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 818,30 NTU, nilai terendah diperoleh pada tahap

akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 185,68 NTU (Lampiran 8). Nilai tersebut masih melampaui ambang batas baku mutu untuk kehidupan biota perairan, nilai maksimum yang diperbolehkan 100 NTU (Permenkes RI Nomor: 416/MENKES/PER/IX/1999).

c. Padatan tersuspensi

Hasil pengukuran padatan tersuspensi pada masing-masing tahapan proses menunjukkan nilai berkisar antara 57,43 mg/l- 17,85 mg/l. Padatan tersuspensi merupakan jumlah bahan organik yang terikat pada bahan padat limbah cair (Rao dan Mamata, 2004). Nilai tertinggi diperoleh pada tahap *treatment* (stasiun A) yaitu 57,43 mg/l, nilai terendah diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D), yaitu 17,85 mg/l (Lampiran 8). Nilai tersebut belum melampaui ambang batas untuk kehidupan mikroorganisme limbah cair terutama pada tahap proses *treatment* (stasiun B) yaitu 34,05 mg/l, tahap *stabilisasi* (stasiun C) yaitu 25,83 mg/l dan tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 17,85 mg/l, dianjurkan lebih kecil dari 200 mg/l (Keputusan No. 02/MENKLH/1/tahun 1988).

d. Padatan terlarut

Padatan terlarut pada masing-masing tahapan proses berkisar antara 695,97 mg/l- 70,58 mg/l. Nilai tertinggi diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 695,67 mg/l, nilai terendah diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 70,58 mg/l. Kadar maksimum yang aman dimanfaatkan 1000 mg/l, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk pertanian (Golongan D) yaitu 1500 mg/l (Lampiran 8). Padatan terlarut

merupakan bahan organik yang terikat pada larutan terdiri dari senyawa organik dan anorganik (Fardiaz, 1993). Untuk menggambarkan penurunan tingkat pencemaran bahan organik akibat perlakuan yang diberikan pada parameter kekeruhan, padatan tersuspensi, padatan terlarut pada masing-masing tahapan proses perlakuan pupuk.

Nilai kekeruhan mengalami penurunan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 818,3 mg/l menjadi 294,77 mg/l pada tahap *stabilisasi* (stasiun C) dan 185,68 mg/l pada tahap akhir pembuangan (stasiun D). Penurunan nilai kekeruhan diakibatkan oleh pemisahan padatan dari cairan (*effluen*) limbah cair.

Nilai padatan tersuspensi mengalami penurunan ke arah tahap *treatment* (stasiun B) yaitu 57,43 mg/l dan tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 17,85 mg/l. Penurunan nilai padatan tersuspensi diakibatkan penguraian padatan oleh mikroorganisme menjadi bentuk senyawa yang lebih sederhana.

Nilai padatan terlarut cenderung mengikuti pola penurunan kekeruhan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu sebesar 695,97 mg/l pada tahap *treatment* (stasiun B) yaitu sebesar 114 mg/l pada tahap *stabilisasi* (stasiun C) sebesar 70,58 mg/l dan pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) menjadi 92,0 mg/l. Penurunan nilai kekeruhan, padatan tersuspensi, padatan terlarut dan warna menunjukkan gambaran perubahan sifat fisik limbah cair akibat proses penguraian komponen partikel oleh mikroorganisme pada kondisi tertentu.

2. Hasil analisis variabel sifat kimia.

a. Derajat kemasaman (pH)

Derajat kemasaman (pH) menunjukkan perubahan reaksi kimia dan biologi akibat proses oksidasi dan reduksi yang terjadi pada limbah cair (Saeni, 1989). Nilai tertinggi diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 7,3, nilai terendah diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) dan tahap *treatment* (stasiun B) yakni masing-masing 7,0. Standar baku mutu untuk aman dimanfaatkan 6-8,5. Pada Gambar 5.1 menunjukkan nilai pH mengalami kenaikan mulai dari tahap stabilisasi (stasiun C). Kisaran pH 5-9 untuk kriteria kualitas Air Golongan D (Kepmen KLH No -02/MENKLH/1/ 1988),

b. Amonia (NH₃), nitrit (NO₂), dan nitrat (NO₃)

Amonia (NH₃), nitrit (NO₂) dan nitrat (NO₃) merupakan senyawa yang menunjukkan adanya kandungan protein pada limbah cair RSUP Sanglah. Nilai amonia tertinggi diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 86,81 mg/l nilai terendah tercatat pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 0,06 mg/l. Nilai nitrat (NO₃) tertinggi diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) 4,42 mg/l. Nilai nitrit (NO₂) tertinggi diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 0,19 mg/l dan nilai nitrit terendah pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 0,20 mg/l. Standar ammonia 0 mg/l, untuk nitrat 10 mg/l, untuk

nitrit adalah 1,0 mg/l. Tingkat pencemaran amonia, nitrit, nitrat pada tahapan proses akibat perlakuan.

Nilai amonia mengalami penurunan yang sangat tajam dari tahap *treatment* (stasiun B) sebesar 43,04 mg/l sampai tahap *stabilisasi* (stasiun C) sebesar 0,17 mg/l, kemudian mengalami penurunan kearah tahap akhir pembuangan (stasiun D) sebesar 0,06 mg/l. Nilai nitrat cenderung mengalami kenaikan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 1,62 mg/l menjadi 4,29 mg/l pada tahap *treatment* (stasiun B) secara perlahan turun kearah tahap *stabilisasi* (stasiun C) yaitu 4,00 mg/l dan kemudian naik pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 4,42 mg/l. Nilai nitrit mengalami peningkatan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 0,19 mg/l sampai pada tahap *treatment* (stasiun B) yaitu 3,22 mg/l, kemudian mengalami penurunan kearah tahap *stabilisasi* (stasiun C) dan tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 0,20 mg/l.

Nilai DO mengalami peningkatan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 8,9 mg/l sampai ke arah tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 15,68 mg/l. Sebaliknya nilai BOD mengalami penurunan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 80,43 mg/l kearah tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 17,50 mg/l. Nilai COD mengalami penurunan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 168, 0 mg/l kearah tahap *treatment* (stasiun B) yaitu 87,67 mg/l dan sampai tahap *stabilisasi* (stasiun C) yaitu 47 mg/l, kemudian perlahan mengalami kenaikan kearah tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 48,6 mg/l.

c. *Disolved oxygen demand (DO)*

Hasil pengukuran konsentrasi oksigen terlarut (DO) untuk masing-masing tahapan proses berkisar antara 8,9mg/l–15,68 mg/l. Nilai DO terendah terdapat pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 8,9 mg/l dan tertinggi pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 15,68 mg/l. Nilai standar DO > 4 mg/l untuk aman dimanfaatkan.

d. *Biologi oxygen demand (BOD)*

Dari hasil pengukuran nilai BOD, untuk masing-masing tahapan proses diperoleh kisaran 80,43 mg/l– 17,50 mg/l. Nilai tertinggi BOD terletak pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 80,43 mg/l nilai terendah diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 17,50 mg/l (Lampiran 8). Nilai BOD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan seluruh bahan-bahan organik didalam air dalam waktu 5 hari dan dalam suhu 20 °C (Alaerts dan Santika, 1987).

e. *Chemical oxygen demand (COD)*

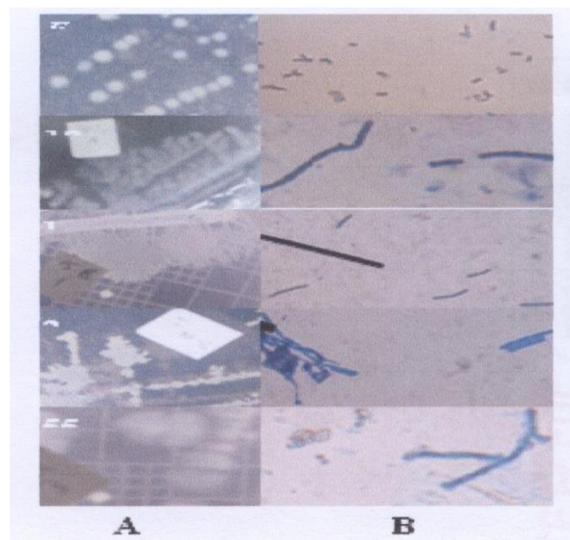
Banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi. Dalam suatu limbah cair akan menghasilkan nilai COD untuk masing-masing tahapan proses berkisar antara 168,0 mg/l – 48,6 mg/l. Nilai tertinggi di peroleh pada *tahap pre treatment* (stasiun A) yaitu 168,0 mg/l nilai terendah terdapat pada tahap *stabilisasi* (stasiun D) yaitu 47 mg/l.

f. Minyak dan deterjen

Hasil pengukuran minyak (lemak) dan deterjen pada masing-masing tahapan proses dengan nilai berkisar antara 130,0 mg/l - 32,10 mg/l. Nilai tertinggi terletak pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 130,0 mg/l untuk minyak dan deterjen 0,65 mg/l. Nilai terendah diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu sebesar 32,10 mg/l untuk minyak dan 0 mg/l untuk deterjen (Lampiran 8).

3. Hasil analisis sifat biologi

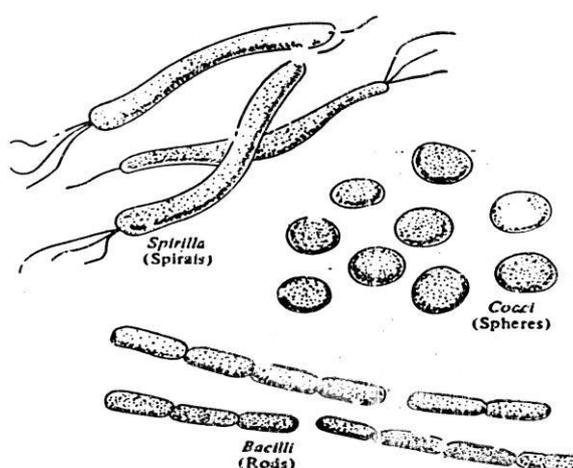
Nilai tertinggi diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 24,00 MPN/100 ml nilai terendah terdapat pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu sebesar 7 MPN/100 ml (Tabel 5.3). Dalam penelitian ini ditemukan bakteri coliform yang ditunjukkan oleh adanya lendir biofilm *non coliform*. penggumpalan lendir terjadi akibat proses klorinasi.



Gambar 5.2

Bentuk sel bakteri pembentuk lendir biofilm yang terdapat pada biofilter 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 *Coliform 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 0,7-2 MPN/100 ml, dipastikan berasal dari pencemaran tinja manusia, kalau angka ini berkisar *E. Coli* > 4 MPN/100 ml sumber pencemaranya berasal sisa tanaman dan kotoran hewan. Bentuk bakteri limbah cair dapat dilihat pada gambar 5.8



Gambar 5.3
Bentuk bakteri limbah cair (Murachman, 2005)

5.3.2. Karakteristik limbah cair RSUP Sanglah

Karakteristik limbah cair RSUP sanglah adalah nilai kandungan bahan organik berupa karbohidrat dan protein (Pauwels dan Verstraete, 2006). Mesdaghinia (2009) menyatakan bahwa karakteristik merupakan nilai kandungan

unsur yang mendominasi kualitas limbah cair. Parameter limbah cair yang diambil pada kolam stabilisasi (stasiun C) dan standar bahan baku pupuk ditunjukkan pada Tabel 5.3

Tabel 5.3
Karakteristik bahan baku pupuk limbah cair RSUP Sanglah dan standar bahan baku pupuk yang diambil pada kolam stabilisasi

| Parameter | Satuan | Hasil Pengukuran | Standar Baku Mutu Bahan Baku Pupuk (Hammer, 2001) |
|---------------|----------------|----------------------|---|
| Suhu | ⁰ C | 28,90 ⁰ C | 30 ⁰ C |
| pH | - | 7,0 | 6,0- 9,0 |
| TSS | mg/l | 25,83 | 5-50 |
| BOD | mg/l | 22,63 | 10-20 |
| COD | mg/l | 47 | 50-100 |
| Amonia | mg/l | 0,17 | 42,11 |
| Fosfat | mg/l | 74,82 | 0,1-30 |
| Logam Berat | - | 0 | Hg <0,001 , Cd < 0,01 |
| Hg,Cd,Ni | | 0 | Ni < 0,02- 0,1 |
| Total Bakteri | MPN/100 ml | 24,00 | 30 /100 ml |

1. Suhu

Hasil pengukuran suhu diperoleh sebesar 28,90⁰C pada tahap *stabilisasi* (stasiun C). Suhu akan berpengaruh terhadap kecepatan proses oksidasi dan reduksi bahan organik oleh mikroorganisme (Gegner 2002). Standar baku mutu untuk bahan baku pupuk parameter suhu adalah maksimum 30⁰ C (Tabel 5.3).

2. Derajat kemasaman (pH)

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

3. Total suspended solid (TSS)

Total suspended solid (TSS) menunjukkan adanya kandungan partikel yang berbentuk kasar maupun halus. 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 25,83 mg/l pada tahap kolam *stabilisasi*. Standar baku mutu limbah cair untuk bahan baku pupuk 5-50 mg/l.

4. Biological oxygen demand (BOD)

BOD menunjukkan adanya kandungan bahan organik limbah cair (Mikhelsen, 2000). Parameter BOD juga menunjukkan oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan pencemar. Hasil pengukuran parameter BOD diperoleh sebesar 22,63 mg/l. Standar baku mutu limbah cair untuk bahan baku pupuk 10-20 mg/l (Tabel 5.3).

5. Chemical oxygen demand (COD)

COD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan seperti: Kalium bikromat untuk menguraikan bahan organik menjadi gas CO₂ dan H₂O (Fardiaz, 1992). Hasil pengukuran nilai COD diperoleh sebesar 47 mg/l

pada tahap *stabilisasi* (Stasiun C). Standar baku mutu limbah cair hasil olahan teknologi untuk bahan baku pupuk 50-100 mg/l (Tabel 5.3).

6. NH₃N (amonia)

Amonia menunjukkan adanya kandungan protein dalam limbah diperoleh sekitar 1,17 mg/l. Amonia di limbah cair 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. Amonia bebas dan klorin bebas akan saling bereaksi dan membentuk hubungan yang antagonis. Standar baku mutu limbah untuk bahan baku pupuk 42,11 mg/l.

7. Fosfat

Hasil pengukuran fosfat diperoleh sebesar 74,82 mg/l pada tahap *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 5.3).

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 24

MPN/100 ml, baku mutu untuk limbah cair rumah sakit untuk parameter total bakteri adalah maksimum 10 MPN /100 ml limbah cair (Tabel 5.3).

9. Logam berat

Unsur logam berat tidak ditemukan dalam limbah cair RSUP Sanglah. Logam berat dari hasil kegiatan RSUP Sanglah sudah mendapatkan perlakuan khusus sehingga tidak dimasukkan dalam baku mutu limbah cair rumah sakit akan tetapi perlu diwaspadai apabila terdapat logam berat dalam tingkat kadar yang lebih tinggi. Standar unsur logam berat 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 bahan organik

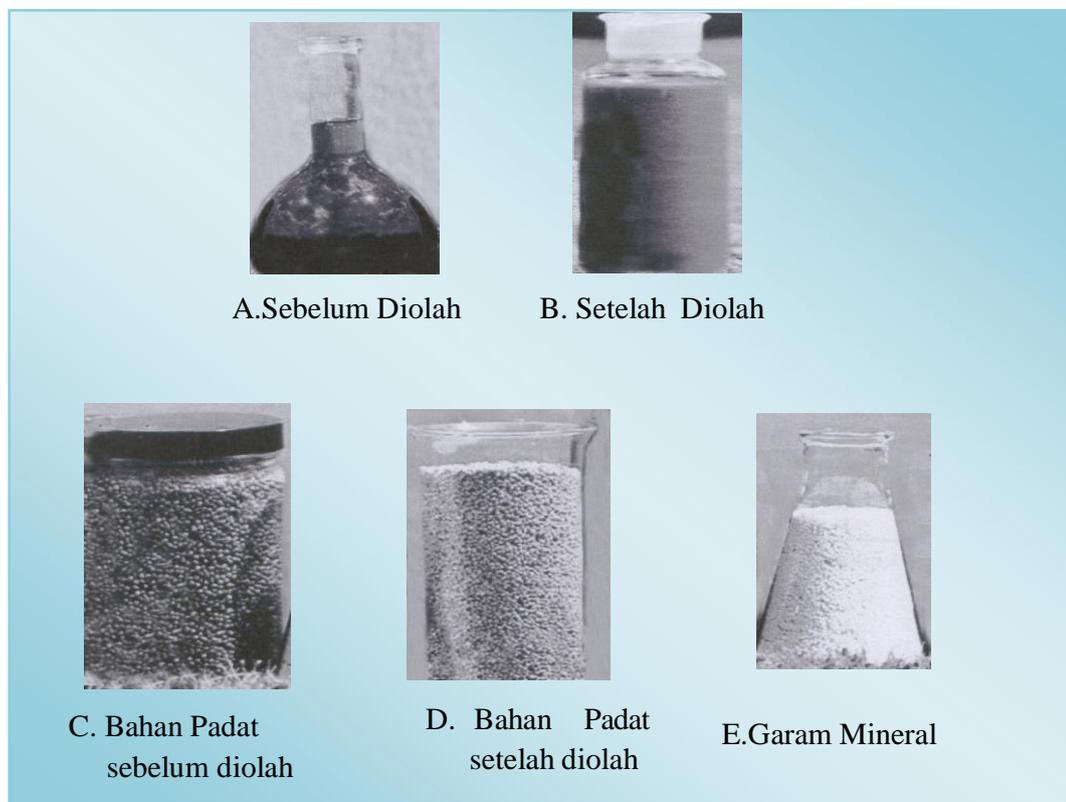
Bahan organik yang dimaksud adalah bahan organik berdasarkan derajat pelapukan dalam volume kolam aerasi 129 m³ berupa total padatan yang masuk proses (*influen*), padatan tersuspensi yang masuk proses (*influen*) dan bahan organik yang masuk proses (BOD *influen*). Total padatan yang keluar proses (*efluen*), padatan tersuspensi yang keluar proses (*efluen*) dan bahan organik yang keluar proses (BOD *efluen*). Bahan organik yang bersumber dari komponen partikel yang diambil pada volume kolam aerasi disajikan pada Tabel 5.4

Tabel 5.4
Data hasil pengukuran zat padat limbah cair

| Deskripsi | Besaran | Satuan |
|------------------------------------|---------|----------------------|
| Jumlah limbah cair | 430 | m ³ /hari |
| Volume kolam aerasi | 129 | m ³ |
| Total padatan <i>Influen</i> | 500 | mg/l |
| Padatan tersuspensi <i>Influen</i> | 100 | mg/l |
| BOD <i>Influen</i> | 173 | mg/l |
| Padatan tersuspensi <i>Efluen</i> | 22 | mg/l |
| BOD <i>Efluen</i> | 20 | mg/l |
| MLSS | 37,41 | mg/l |

1. Tingkat efisiensi komponen limbah cair

Gambar A dan B menunjukkan perubahan fisik limbah cair akibat penurunan bentuk dan ukuran komponen partikel limbah cair sebesar 88% berdasarkan bahan organik yang masuk sebesar 173 mg/l menjadi 20 mg/l (Tabel 5.4). Gambar C dan D menunjukkan perubahan fisik akibat penurunan bentuk dan ukuran partikel padatan tersuspensi sebesar 78 % berdasarkan Padatan tersuspensi yang masuk sebesar 100 mg/l menjadi 22 mg/l (Tabel 5.4). Gambar D menunjukkan perubahan fisik padatan terlarut setelah dikering oven dengan suhu 105 °C.



2. Produksi bahan baku pupuk

Dari perhitungan teknis proses teknologi pengolahan limbah cair Biodetox dengan jumlah limbah cair RSUP Sanglah sekitar 430 m³/hari diperoleh bahan baku pupuk berupa lumpur (*sludge*) sebesar 8,6 kg/hari (Lampiran 10). Berdasarkan perhitungan teknis yang diperoleh dari volume kolam *aerasi* 129 m³, total padatan *Influen* 500 mg/l, padatan tersuspensi *Influen* 100 mg/l, BOD *Influen* 173 mg/l dan jumlah MLSS 37,41 mg/l (Lampiran 10).

3. Produksi kandungan unsur

Produksi kandungan unsur dalam bahan baku pupuk diperoleh dari pendekatan perbandingan kebutuhan nutrient oleh mikroorganisme dengan perbandingan BOD:N:P = 100:5:1, sehingga diperoleh nilai kebutuhan N per hari sebagai berikut: Total kebutuhan N/hari adalah 430 m³/hari x 25 x 1000 l/ m³ x 10⁶ kg/mg menjadi 5,250 kg/hari, sehingga kebutuhan P/hari menjadi 5,250 kg dibagi 5 adalah 1,05 kg/hari (Sumber Perhitungan : BPPT, 1991, Nugroho, 1996 dan Kasmidjo,1996).

Hasil uji laboratorium terhadap lumpur (*sludge*) diperoleh kandungan unsur hara makro dan mikro yaitu nitrogen 1,97%, fosfor 0,78%, kalium 0,43%, kalsium 0,48%, sulfur 0,33%, magnesium 0,19%, besi 236 ppm, aluminium 211 ppm, mangan 18,8 ppm, molybdenum 2,18 ppm dan positif mengandung asam amino, hormon dan mikroorganisme.

5.4 Respon Tanaman

Selama penelitian tidak terjadi gangguan hama dan penyakit pada tanaman sehingga tidak perlu dilakukan pengendalian hama dan penyakit. Hasil analisis

statistika terhadap respon tanaman sawi setelah aplikasi dengan bahan baku pupuk hasil proses teknologi Biodetox dan limbah cair pada RSUP Sanglah disajikan pada Tabel 5.5

Tabel 5.5
Signifikasi pengaruh jenis bahan baku pupuk (J) dan dosis bahan baku pupuk (K)
dan interaksinya (JxK) terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi

| No | Variabel | Perlakuan | | |
|----------|--|-----------|----|-----|
| | | J | K | JxK |
| 1 | Pertumbuhan tanaman | | | |
| | 1. Tinggi tanaman makisimum | ** | ** | tn |
| | 2. Jumlah daun maksimum | ** | ** | tn |
| | 3. Luas daun pada umur: | | | |
| | 10 hst | ** | ** | tn |
| | 20 hst | ** | ** | tn |
| | 30 hst | ** | ** | tn |
| 2 | Hasil tanaman | | | |
| | 1. Berat daun segar per tanaman | ** | ** | ** |
| | 2. Berat akar segar per tanaman | ** | ** | tn |
| | 3. Berat total tanaman segar per tanaman | ** | ** | ** |
| | 4. Berat daun kering oven per tanaman | ** | ** | tn |
| | 5. Berat akar kering oven per tanaman | ** | ** | tn |
| | 6. Berat total tanaman kering oven per tanaman | ** | ** | tn |

Keterangan:

* = berpengaruh nyata ($P < 0,05$)

* * = berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$)

tn = berpengaruh tidak nyata ($P \geq 0,05$)

Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa interaksi perlakuan jenis maupun dosis bahan baku pupuk hasil teknologi pengolahan limbah cair rumah sakit yang diaplikasikan pada tanaman sawi hanya menunjukkan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap berat daun segar per tanaman dan berat total tanaman segar per tanaman. Baik jenis maupun dosis bahan baku pupuk menunjukkan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap variabel-variabel yang diamati.

5.4.1 Pengaruh Interaksi antara Jenis dan Dosis Bahan Baku pupuk

Berat daun segar per tanaman tertinggi dihasilkan oleh Biodetox pada dosis 15 g/polibag, yaitu berturut-turut 19,90% dan 17,35% lebih tinggi dibandingkan nilai tersebut pada Biosugih dan Hyponex pada dosis yang sama demikian pula dosis 15 g/ polibag memberikan berat daun segar 56,86% lebih tinggi dari pada dosis 0 g/polibag pada bahan Biodetox 47,00% dan 37,13% pada biosugih dan Hyponex. Biodetox pada dosis 20 g/ polibag memberikan berat daun segar lebih rendah dari pada dosis 15 g/polibag tetapi nyata lebih tinggi dibandingkan dosis 10 dan 0 g/polibag. Dosis 20 g/ polibag pada Biosugih memberikan berat daun segar yang berbeda tidak nyata dengan dosis lainnya. Penggunaan dosis 20 g/ polibag Hyponex ternyata memberikan berat daun segar terendah tetapi tidak berbeda nyata dengan nilai tersebut pada dosis lain pada Hyponex.

Biodetox dengan dosis 15 g/polibag menghasilkan berat total tanaman segar (14,13 g/tanaman), yaitu 26,19% dan 16,28% lebih tinggi dibandingkan berat total tanaman segar yang dihasilkan Biosugih dan Hyponex serta juga nyata lebih tinggi dan nilai tersebut pada perlakuan lainnya. Dosis 20 g/polibag meningkatkan berat total tanaman segar dibandingkan control (0 g /polibag) pada Biodetox dan Biosugih tetapi menurunkan nilai variabel tersebut pada Hyponex.

5.4.2 Pengaruh Tunggal antara Jenis dan Dosis Bahan Baku pupuk

1. Pertumbuhan tanaman

Jenis bahan baku Biodetox memberikan tanaman tertinggi, jumlah daun, luas daun pada umur 10 hst, 20 hst dan 30 hst tertinggi

dibandingkan kedua jenis bahan baku lainnya (Tabel 5.8). Sementara semua variabel pertumbuhan tersebut tidak berbeda nyata diantara jenis Biosugih dan Hyponex.

Dosis bahan baku 15 g/polibag memberikan tanaman (17,58 cm) dan jumlah daun maksimum (9,67 helai) tertinggi, tetapi tidak memberikan luas daun pada umur 10 hst yang berbeda nyata dengan dosis lainnya. Luas daun pada umur 20 hst dan 30 hst yang tinggi diperoleh pada dosis 15 g/polibag (masing-masing 5,00 cm² dan 4,65 cm² yang tidak berbeda nyata dengan nilai variabel tersebut pada dosis 10 g/polibag (3,56 cm²) tetapi lebih tinggi dibandingkan dosis yang lainnya.

2. Hasil tanaman

Berat akar segar tertinggi (2,52 g) di hasilkan oleh perlakuan jenis bahan baku pupuk Biodetox yaitu 37,30% dan 30,16% lebih tinggi dan pada nilai tersebut pada jenis bahan Biosugih. Berat daun kering oven yang tertinggi juga dihasilkan Biodetox yaitu 37,02% dan 22,55% lebih tinggi dan nilai variabel tersebut pada jenis Biosugih dan Hyponex. Berat akar kering oven tertinggi yang dihasilkan Biodetox, adalah 59,04% dan 35,93% lebih tinggi dibandingkan nilai variabel tersebut pada Biosugih dan Hyponex. Berat total tanaman kering oven yang dihasilkan Biodetox ternyata tidak berbeda nyata dengan yang dihasilkan Hyponex tetapi 42,35% lebih tinggi dan yang dihasilkan Biosugih.

Dosis 15 g/polibag pada jenis Biodetox, Biosugih maupun Hyponex memberikan berat akar segar (3,22 g), berat daun kering oven

(2,97 g), akar (0,996 g) dan total tanaman kering oven (3,16 g) tertinggi dan nyata lebih tinggi dibandingkan masing-masing nilai variabel tersebut pada dosis yang lain, kecuali pada dosis Hyponex 10 g/polibag . Dosis 20 g/polibag pada Biodetox, Biosugih dan Hyponex nyata menurunkan berat akar segar, berat daun, akar dan total tanaman kering oven dibandingkan dosis 15 g/polibag.

BAB VI

PEMBAHASAN

Berdasarkan uji laboratorium menunjukkan bahwa limbah cair yang berasal dari kegiatan RSUP Sanglah di Denpasar Bali, termasuk jenis limbah cair domestik. Limbah cair domestik didominasi kandungan bahan organik berupa protein dan karbohidrat yang ditunjukkan oleh parameter BOD (22,63 mg/l), COD (47 mg/l), TSS (25.83 mg/l), amonia (0,17 mg/l), nitrat (4 mg/l) dan nitrit (0,20 mg/l). Bahan-bahan ini bersumber dari kegiatan medis dan non medis RSUP Sanglah. Bahan baku pupuk harus mengandung bahan organik berupa karbohidrat dan protein (Caldwel, 2001)

Hasil analisis terhadap variabel tahapan proses perlakuan teknologi biodetox menunjukkan bahwa teknologi tersebut sudah memenuhi standar operasional. Hal ini terlihat dari kualitas limbah cair yang dihasilkan sudah memenuhi standar baku mutu dan aman dimanfaatkan terutama pada tahap *stabilisasi* (stasiun C) dan tahap akhir pembuangan (stasiun D) melalui Permenkes RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 dan standar mutu air golongan D Kepmen KLH No -02/MENKLH/1/ 1988 (Lampiran 8), juga hasil analisis karakteristik limbah cair yang dihasilkan sudah memenuhi standar bahan baku pupuk yang ditetapkan terutama pada tahap *stabilisasi*.

Menurunnya nilai parameter BOD,COD dari stasiun A, B, C dan D. diikuti parameter amonia, nitrit dan parameter fisik seperti kekeruhan, padatan terlarut dan padatan tersuspensi disebabkan tahapan proses, proses fisik, kimia

dan biologi secara terpadu dan perlakuan teknis teknologi. Disamping terjadinya proses oksidasi dan reduksi komponen unsur secara alami yang terdapat dalam komposisi limbah cair tersebut. Hal ini terlihat dari peningkatan nilai parameter DO mengakibatkan menurunnya nilai BOD dan COD, didukung hasil penelitian Murachman (2005) menunjukkan bahwa pemberian oksigen (DO) sebesar 0,8-4,0 mg/l dapat meningkatkan bioaktivitas mikroorganisme untuk menekan unsur CH₄, H₂S dan CO₂ sekitar 60%-80%.

Komponen unsur yang terdapat pada komposisi limbah cair seperti suhu, pH, DO, sulfida, clorida dan mikroorganisme juga mampu menekan dan menyederhanakan bahan pencemar organik dan anorganik (Kienholz *et al.*, 2000). Suhu meningkat akan mempercepat reaksi enzimatik sehingga meningkatkan bioaktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan pencemar, sedangkan peningkatan pH akan mempercepat proses dekomposisi bahan organik (BOD, COD) oleh mikroorganisme (Heider dan Rabus, 2008). Sulfida dalam jumlah tertentu akan dapat mengikat molekul menjadi flok dan dapat menurunkan nilai kekeruhan sekitar 35- 60% (Barek *et al.*, 1998). Unsur clorida melalui proses klorinasi akan dapat mengumpalkan (*flokulasi*) komponen unsur dan membunuh bakteri pathogen (Kumar *et al.*, 2006).

Kenaikan pH dari stasiun C ke stasiun D, disebabkan terjadi proses ammonifikasi yaitu degradasi biokimia nitrogen organik menjadi amonium oleh bakteri. Kenaikan unsur nitrat dari stasiun B, C dan D menunjukkan adanya proses nitrifikasi yaitu proses oksidasi biologis yang mengkonversi nitrit menjadi nitrat oleh bakteri nitrobacter sp. Sesuai dengan prinsip pengolahan limbah cair

yang menekankan pada proses biologi yaitu menyederhanakan dan menghilangkan bahan pencemar secara alami (Pusstan, 2000).

Perlakuan teknologi yang diberikan pada tahap *treatment* dan *stabilisasi* bertujuan untuk mempercepat proses, karena jumlah limbah cukup besar dan tingkat pencemaran tinggi. Perlakuan *aerasi* 3,3 jam akan berpengaruh terhadap bioaktivitas dan biodegradasi bahan organik oleh mikroorganisme terutama bakteri aerob. Perlakuan F/M 0,24-0,5 g/BOD/hari/g/MLSS akan berpengaruh terhadap jumlah populasi mikroorganisme berdasarkan kebutuhan energi seperti: bakteri heterotrof dan autotrof. Perlakuan waktu tinggal limbah 2-4 hari dan aliran limbah cair sebesar 35% berpengaruh terhadap ketersediaan oksigen, jumlah zat makanan (bahan organik), waktu tinggal limbah dan akhirnya berpengaruh terhadap jumlah dan komponen unsur. Menurut Pauwels dan Verstraete (2006) menyatakan bahwa pengaturan kecepatan aliran limbah cair dan waktu tinggal limbah akan mempengaruhi terhadap kualitas, karakteristik, jumlah lumpur *sludge* dan kondisi lingkungan seperti: ketersediaan oksigen, suhu, dan pH. Standar perlakuan aliran limbah cair (*resirculation sludge*) 50-60% dan umur *sludge* standar 6-10 hari dengan jumlah limbah cair $> 1500 \text{ m}^3$ (BPPT, 1996). Hal ini didukung hasil penelitian Kasmidjo (1991) menunjukkan limbah dengan tingkat BOD > 1900 dengan perlakuan tekanan air (*resirculation sludge*) 50% akan dapat menurunkan nilai BOD sekitar 98-95% dan mempertahankan kandungan BOD terlarut 50 ppm.

Mikhelsen (2000) menyatakan bahwa karakteristik limbah cair selain dipengaruhi oleh jenis dan sumber limbah cair juga proses dekomposisi,

fermentasi dan mineralisasi. Proses tersebut melibatkan beberapa jenis mikroorganisme, sehingga memerlukan ketersediaan oksigen, zat makanan dan kondisi lingkungan (pH dan suhu). Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses oksidasi dan reduksi bahan organik oleh mikroorganisme memerlukan standar perlakuan pH 6-8 dan suhu 20 °C- 60 °C dengan jumlah limbah cair > 1500 m³/hari (Sugiharto, 1987). Proses bioasimilasi bahan organik oleh mikroorganisme memerlukan standar perlakuan oksigen 2-8 jam/hari pada tahap treatment dengan beban BOD 500 mg/l (Kasmidjo, 1991). Proses kecepatan bioaktivitas dan biodegradasi bahan organik oleh mikroorganisme memerlukan standar perlakuan F/M 0,2-0,5 g/BOD/hari/MLSS (Nugroho, 1996).

Terbukti dengan jumlah limbah cair RSUP Sanglah sekitar 430 m³/hari yang terdiri dari: zat padat 599 mg/l, padatan tersuspensi 100 mg/l, BOD 173 mg/l, MLSS 37,41 mg/l. Melalui rangkaian proses teknologi biodetox mampu menghasilkan bahan baku pupuk sebesar 8,6 kg/hari dengan kadar nitrogen 61% (5,25 kg/hari), kadar fosfor 12% (1,05 kg/hari) dalam bentuk lumpur (*sludge*) dan sudah memenuhi standar baku mutu. Peningkatan padatan tersuspensi dalam cairan (*Efluen*) akan mengakibatkan meningkatnya kandungan dan kadar unsur (Mulveney *et al.*, 2001).

Hasil uji laboratorium terhadap lumpur (*sludge*) menunjukkan kandungan unsur hara makro dan mikro pada bahan padat lebih kecil yaitu nitrogen 0,56%, fosfor 0,13%, kalium 0,23%, kalsium 0,12% dibandingkan kandungan unsur hara makro pada bahan cair yaitu nitrogen 1,97%, fosfor 0,78%, kalium 0,43%, kalsium 0,48%. Menurut Harker *et al.*, (2000) kebutuhan zat makanan oleh

mikroorganisme berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara pada komposisi limbah cair. Yowono (2008) mengatakan bahwa kandungan unsur dan mikroorganisme paling banyak terdapat pada komponen padatan tersuspensi TSS (*total suspended solid*).

Untuk melihat kelayakan limbah cair RSUP Sanglah untuk bahan baku pupuk dilakukan pengujian dengan menggunakan metode hidroponik. Perlakuan jenis pupuk berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap seluruh parameter tanaman yang diamati. Hasil uji sidik ragam terhadap berat segar daun menunjukkan perbedaan tidak nyata pada taraf uji Duncan 5%,. Gambar A, B, dan C dibawah ini menunjukkan pertumbuhan pada perlakuan jenis pupuk.



Gambar A.
Pertumbuhan tanaman
akibat perlakuan jenis
pupuk Biodetox

Gambar B.
Pertumbuhan tanaman
akibat perlakuan jenis
pupuk Biosugih

Gambar C.
Pertumbuhan tanaman
akibat perlakuan jenis
pupuk Hiponex

Berat segar daun per tanaman tertinggi dihasilkan oleh Biodetox pada dosis 15 g/polibag, yaitu berturut-turut 20,10% dan 18,25% lebih tinggi dibandingkan nilai tersebut pada Biosugih dan Hyponex pada dosis yang sama. Dosis 15 g/ polibag memberikan berat daun segar 55,85% lebih tinggi dari pada dosis 0 g/polibag pada bahan Biodetox 46,00% dan 36,16% pada Hyponex. Biodetox pada dosis 20 g/ polibag memberikan berat daun segar lebih rendah dan

pada dosis 15 g/polibag tetapi nyata lebih tinggi dibandingkan dosis 10 dan 0 g/polibag. Dosis 20 g/polibag pada Biosugih memberikan berat daun segar yang tidak berbeda dengan nilai tersebut pada dosis lainnya, tetapi tidak berbeda nyata dengan nilai tersebut pada dosis lain pada Hyponex.

Tingginya berat segar daun per tanaman pada perlakuan jenis pupuk bahan baku pupuk Biodetox pada dosis 15 g/polibag (K3), berkaitan erat dengan kompleksitas komponen unsur dan ketersediaan unsur hara lebih banyak. Mineral organik berfungsi sebagai pemicu pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Kienholz *et al.*, 2000.) Asam amino bermanfaat dalam peningkatan kualitas pertumbuhan dan hasil tanaman. Hormon berfungsi merangsang pertumbuhan tunas baru (Mesdaghinia *et al.*, 2009). Mikroorganisme berfungsi selain bisa merombak unsur supaya tersedia juga sebagai pengikat nitrogen di udara (Schuler, 1993). *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 pengikat N yang tidak berasosiasi dengan tanaman dan mampu menurunkan kebutuhan pupuk nitrogen sebesar 25% - 50% (Schuler, 1993). Hal ini juga terlihat dari tingginya parameter pertumbuhan seperti: berat segar akar tanaman sebesar 2,52g (K3), berat daun kering oven sebesar 2,35g (K3), berat kering oven akar sebesar 0,835g (K2), hasil total tanaman sebesar 2,81g (K3) yang diperoleh pada perlakuan jenis bahan baku pupuk biodetox.

Dosis 15 g/polibag pada jenis Biodetox, Biosugih maupun Hyponex memberikan berat akar segar (3,22 g), berat daun (2,97 g), akar (0,996 g) dan total

tanaman kering oven (3,16 g) tertinggi dan nyata lebih tinggi dibandingkan masing-masing nilai variabel tersebut pada dosis yang lain, kecuali pada dosis Hyponex 10 g/polibag (Tabel 5.5). Dosis 20 g/polibag pada Biotetox, Biosugih dan Hyponex nyata menurunkan berat akar segar, berat daun, akar dan total tanaman kering oven dibandingkan dosis 15 g/polibag.

Peningkatan pemberian dosis pupuk bahan baku pupuk hasil teknologi biotetox dari 0 g/polibag menjadi 15 g/polibag ternyata tidak dibarengi peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi segar pada perlakuan 20 g/polibag. dibandingkan control (dosis 0 g/polibag). Gambar, A, B, C dan D menunjukkan perlakuan dosis pupuk.



Gambar A. Pertumbuhan tanaman akibata perlakuan dosis 0gr/polibag



Gambar B. Pertumbuhan tanaman akibata perlakuan dosis 10gr/polibag



Gambar C. Pertumbuhan tanaman akibata perlakuan dosis 15gr/polibag



Gambar D. Pertumbuhan tanaman akibata perlakuan dosis 20gr/polibag

Rendahnya hasil yang diperoleh pada perlakuan dosis yang lebih tinggi (20 g/polibag), kemungkinan disebabkan oleh terlalu tingginya konsentrasi unsur garam terlarut (*soluble salts*) yang diberikan pada dosis tersebut. Konsentrasi

unsur yang berlebihan menyebabkan kondisi pupuk lebih *sodic* sedangkan konsentrasi garam berlebihan menyebabkan kondisi lebih *saline* (Qadir *et al.*, 2010). Dalam keadaan konsentrasi unsur yang tinggi dibarengi peningkatan pH menyebabkan tingkat salinitas meningkat mengakibatkan sistem enzim, sitokrom, respirasi, transportasi substrat dan akhirnya replikasi bahan inti sel tanaman terhenti. Di Pakistan ditemukan level salinitas (*EC*) dan sodicitas (*SAR*) dalam tanah dengan irigasi limbah cair (*wastewater-irrigated soils*) 51% dan 63% lebih tinggi dibandingkan nilai-nilai tersebut dalam tanah dengan irigasi air biasa (*freshwater-irrigated soils*) (Simmons *et al.*, 2009). Di beberapa wilayah India, Qadir *et al.*, (2010) melaporkan level salinitas (*EC*) berkisar antara 1,9 sampai 4,0 dS m^{-1} dan level sodicitas (*SAR*) antara 3,2 dan 20,8. Alakalinitas tanah juga ditemukan meningkat dengan penggunaan irigasi limbah cair (pH 8,92) dibandingkan irigasi biasa pada pH 8,75 (Qadir and Scott, 2010).

Rendahnya nilai dari parameter pertumbuhan dan hasil tanaman pada perlakuan jenis pupuk organik biosugih (B) karena pupuk tersebut sudah berstandar baku baik dalam jumlah komponen maupun kadar unsurnya tidak melebihi dari standar yang ditetapkan, sehingga pemakaian pupuk disesuaikan dengan jenis tanaman dan kebutuhan hara (Pank dan Letey, 2000).

Berdasarkan hasil penelitian dan teori yang dikemukakan di atas, untuk menghasilkan bahan baku pupuk yang dapat dimanfaatkan dan sesuai dengan standar baku mutu, harus memperhatikan karakteristik bahan baku, tahapan proses perlakuan selama proses berlangsung dan bagaimana implementasinya terhadap produktivitas tanaman.

BAB VII

SIMPULAN DAN SARAN

7.1 Simpulan

1. Proses teknologi pengolahan limbah cair RSUP Sanglah yang menggunakan teknologi biodetox sudah memenuhi standar operasional dengan konsep pemanfaatan.
2. Limbah cair RSUP Sanglah ditinjau dari aspek kualitas dan karakteristik sudah aman dan berpotensi dimanfaatkan untuk bahan baku pupuk.
3. Penggunaan bahan baku pupuk hasil pengolahan limbah cair dengan menggunakan teknologi biodetox memberikan respon terhadap berat segar daun per tanaman lebih tinggi 19,90% dan 17,35% dibandingkan nilai tersebut pada pupuk Biosugih dan Hyponex pada dosis yang sama.

7.2. Saran

1. Diharapkan seluruh rumah sakit menggunakan teknologi pengolahan limbah cair biodetox karena sudah memenuhi standar operasional (SOP).
2. Sebelum memanfaatkan limbah cair harus dilakukan suatu penanganan melalui suatu sistem teknologi pengolahan limbah cair.
3. Penggunaan bahan baku pupuk limbah cair RSUP Sanglah harus memperhatikan dosis, komoditas tanaman dan kesesuaian lahan.

4. Perlu penelitian lanjutan untuk menjadikan bahan baku pupuk limbah cair RSUP Sanglah sebagai pupuk yang berstandar.

Penemuan Baru (Novelty)

1. Teknologi biodetox dapat menghasilkan bahan baku pupuk .
2. Bahan baku limbah cair rumah sakit hasil teknologi bisa meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman sayuran.

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 Simestri, 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: Disinfection 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 Organic Vegetable Growers Increase Soil Organic Matter without Overloading the Soil with Nutrients. *Small farmer's Journal*. Vol. 25, No 3 : 223 – 23.
- Creswell, Jhon W. 2009. *Research 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 Limbah cair 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.
- 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., Barry, D.A.J., Goss, M.J., Hamill, A.S., Lafrance,P., Milburn, P.H., Simard, R.R., Zebarth, B.J. 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.
- Fardiaz, S. 1993. *Analisis Mikrobiologi Pangan*, Jakarta: PT Raja grafindo Persada.
- Giyatmi. 2003. "Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Dokter Sarjito Yogyakarta terhadap Pencemaran Radioaktif" (*tesis*). Yogyakarta: Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada.
- Gegner, L. 2002. *Organic Alternatives to Treated Lumber*. NCAT/ATTRA, Fayetteville, AR.
- Hammer, M.J. Jr. 2001 *Water and Wastewater Technology*. Prentice-Hall: New Jersey.
- Harker, D.B., Chambers, P.A., Crowe, A.S., Fairchild, G.L., and Kienholz, E. 2000. Understanding Water Quality. In *The health of Our Water Toward Sustainable Agriculture and Agri-Food Canada*. Publ. 2020/E.
- Hendricky, C., Lambert, R., Sauvenier, X., and Peeters, A. 2005. Sustainable Nitrogen Management in Agriculture : An Action Programme 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.
- Kasmidjo. 1991. *Penanganan Limbah Perkebunan dan Limbah Pangan*. Yogyakarta: Universitas Gajah mada.
- Kusnoputranto, H. 1997. *Limbah cair dan Ekstrata Manusia*, Jakarta: Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat.
- Kumar, G.A., Kumar, S., Sabumon P.C. 2006. Preliminary Study of Physico-Chemical *treatment* Options for Hospital Wastewater. *Journal of Environmental Management*; Vellore Tamil Nadu: India.
- Kienholz,. 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. Tangerang. Banten.
- 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 Resources. 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.
- 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 Fertilisation. *Soil Science Society of amerika journal*; Vol 65: 1164-1172.
- 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/pusstan/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.
- Qadir, M, and Scott, C.A. 2010. Non-Pathogenic Trade Offs of Wastewater Irrigation. In: wastewater Irrigation on Health. Assesing and Mitigating Risks in Low-Income Countries. Drechsel, P.,Scott,C.A, Raschild-Sally,L., Redwood, M. and Bahri,A. (Fds). *International Water Management and International Development Research Center. 2010*.
- Rao, S., dan Mamatha, P. 2004. Water Quality in Suistanable Water Management. *Current Science*; Vol 87 (7): 942-947.
- Rukaesih, A. 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi .
- 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.
- Simmons,R.W., Noble,A.D., Pongsakul, P., Sukreeyapongse, O. and chinabut, N. (2009)"Cadmium –hazard mapping using a general linear regression model (Irr-Cad) for rapid risk assessment". *Environmental Geochemistry and Health*, vol 31,pp71-9.
- Saeni. 1989. *Kimia lingkungan*. Bogor: Ditjen Pendidikan tinggi Institut Pertanian Bogor.
- Saefudin. 2007. *Instalasi Pengolahan Limbah cairBojongsoang*. Bandung: Program Studi Ilmu Mikrobiologi Institut Teknologi Bandung.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta. VI Press.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar pengolahan limbah*. Universitas Indonesia Jakarta
- 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.
- Sutanto, Rahman. 2002. *Pertanian Organik : Menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Kanisius. Hal. 19-31.

Touray. 2008. *Management of Water Quality the Sustainable Future* :The French policy, illustrated by the case study of Rennes <http://www.unesco.org/uy/phi/estrageas/art03.html>.

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

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

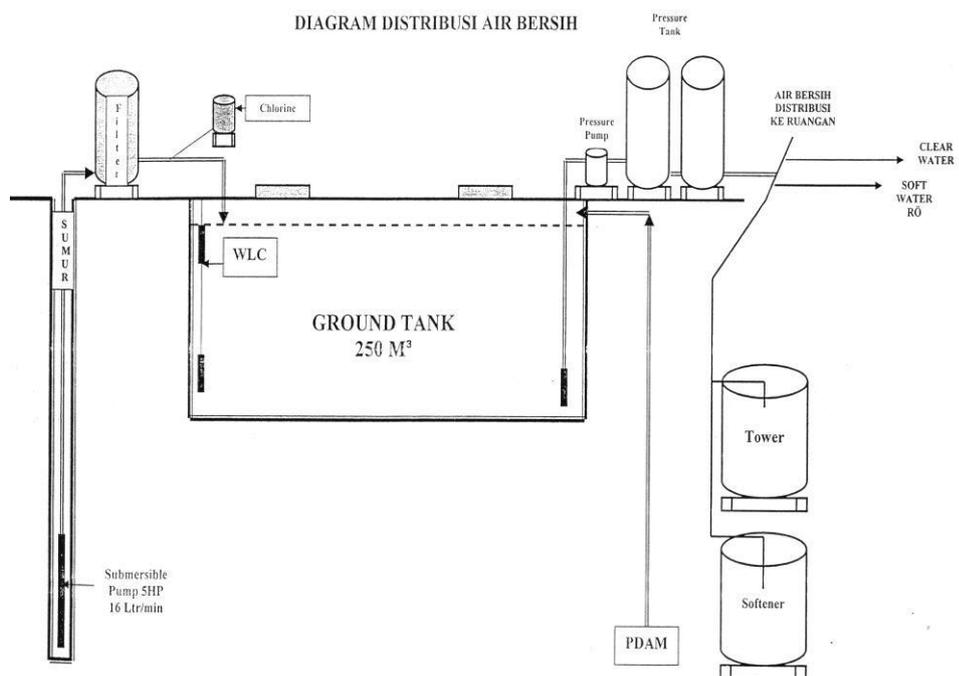
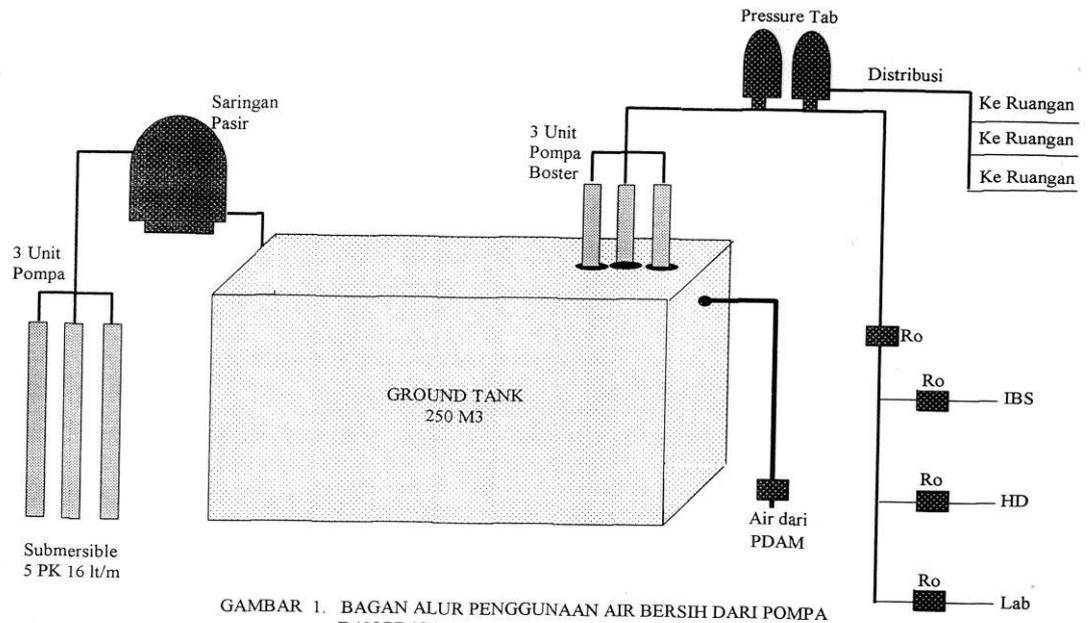
Lampiran 1

Gambar RSUP Sanglah



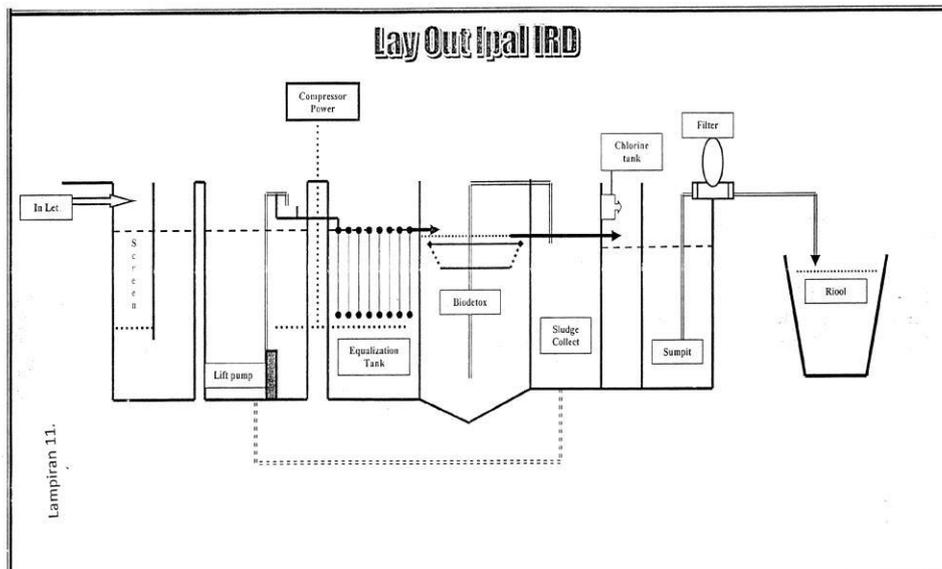
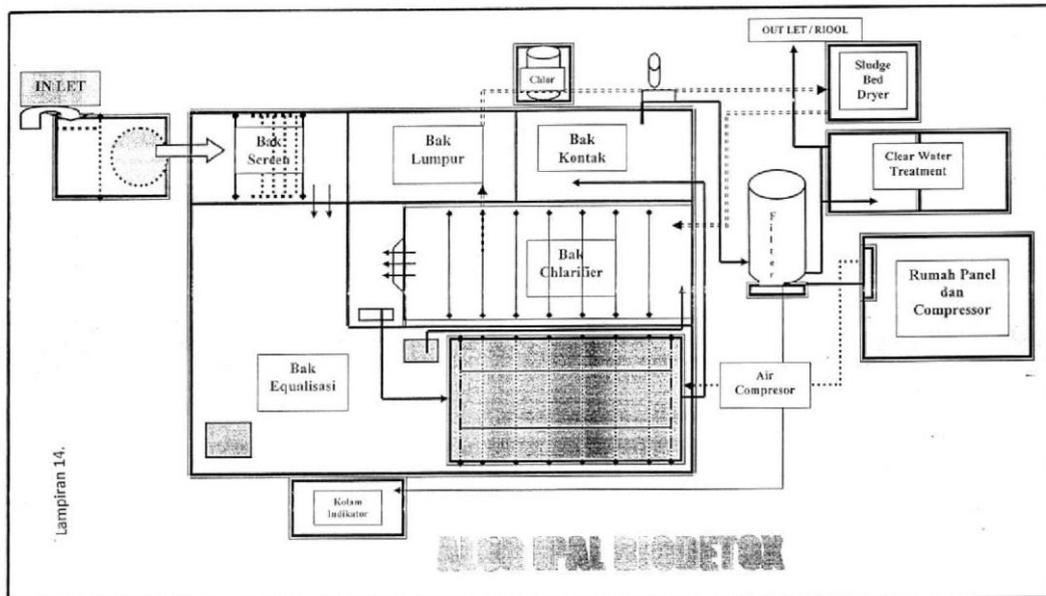
Lampiran 2

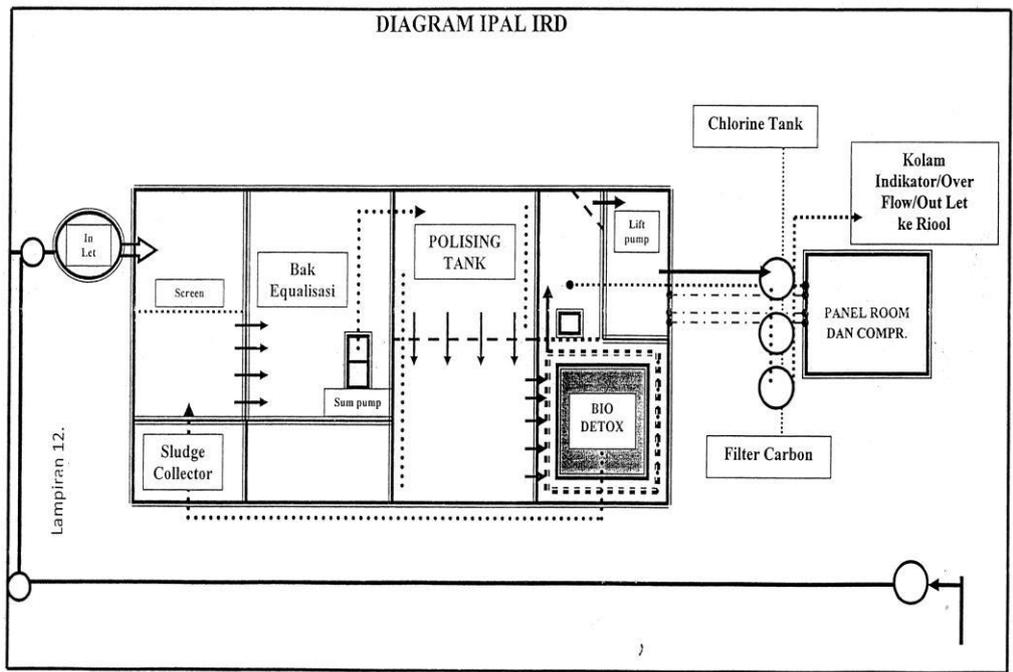
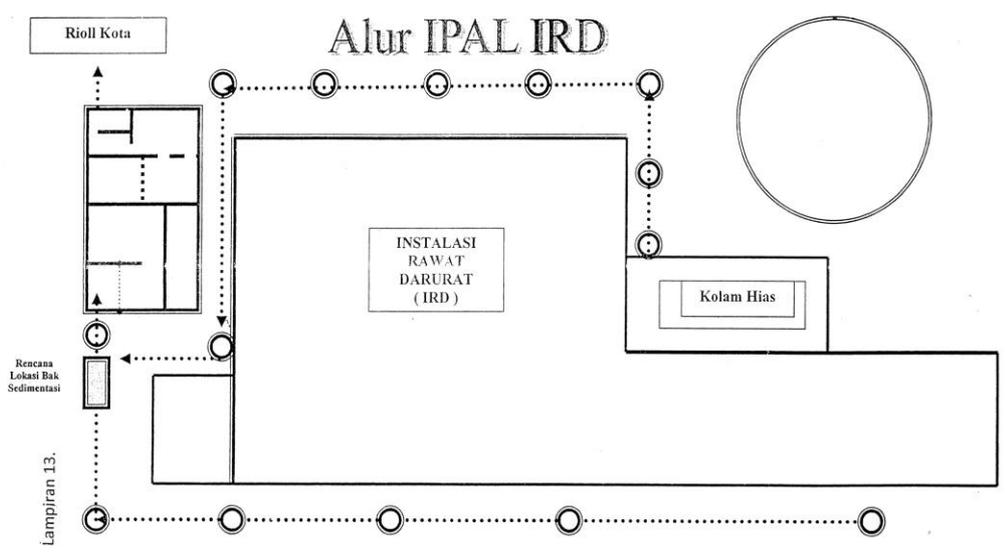
Alur Air Bersih RSUP Sanglah



Lampiran 4

Alur IPAL Biotetok RSUP Sanglah





Lampiran 5

Hasil Pengukuran Limbah Cair RSUP Sanglah

RSUP SANGLAH DENPASAR - INSTALASI LABORATORIUM KLINIK
 Lampiran 15. **SUB LABORATORIUM KESEHATAN LINGKUNGAN**
 JLN. DIPONEGORO (TLP. 0361- 245465) - EXT 202

- 1 No Agenda : 1002 / Kesling - AL / XII / 09
 2 Perihal : Hasil Pemeriksaan Air Limbah
 3 Pengirim : CV. BALI ADI PRATAMA - Jl. Pondok Indah II / No. 8 Denpasar
 4 Contoh berasal dari : OUTLET IPAL IRD (ke kolam ikan) - RSUP Sanglah Denpasar
 5 Diambil oleh : I Komang Widiastira.
 6 Diambil / Diterima : 03 Desember 2009 / 03 Desember 2009

| No. | PARAMETER | SATUAN | KADAR MAKSIMUM MUTU LIMBAH CAIR | HASIL PEMERIKSAAN |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------|
| I. FISIKA | | | | |
| 1 | Suhu | ° C | 38 | 29.2 |
| 2 | Total Disolved Solids (TDS) | mg / L | 2000 | 476.0 |
| 3 | Total Suspended Solid (TSS) | mg / L | 200 | 5.0 |
| II. KIMIA ANORGANIK | | | | |
| 1 | pH | - | 6.0 - 9.0 | 7.1 |
| 2 | DO | mg/L O ₂ | - | 0.0 |
| 3 | BOD ₅ | mg/L O ₂ | 300 | 31.2 |
| 4 | COD | mg/L O ₂ | 600 | 155.7 |
| 5 | Amonia bebas (NH ₃ - N) | mg / L | 1.0 | 50.55 |
| 6 | Nitrat (NO ₃ - N) | mg / L | 20 | 15.83 |
| 7 | Nitrit (NO ₂ - N) | mg / L | 1.0 | 241.90 |
| 8 | H ₂ S | mg / L | 0.1 | 0.0 |
| 9 | Phosphat (PO ₄) | mg / L | 2.0 | 0.13 |
| 10 | Deterjen (LAS) | mg / L | 0.5 | 0.27 |
| III. KIMIA ORGANIK | | | | |
| 1 | Minyak & Lemak | mg / L | 10 | 0.98 |
| 2 | Phenol | mg / L | 1.0 | 0.0 |
| IV. MIKROBIOLOGI | | | | |
| 1 | MPN golongan Coli /100 ml | - | 4000 | 13 |

KESIMPULAN :

Hasil pemeriksaan Air Limbah diatas, kadar Amonia Bebas dan Nitrit melebihi nilai ambang batas yang dianjurkan.

(Permenkes R I No.173 / Menkes/Per/VIII/1077 dan Kep. MENKLH No. Kep.03/MENKLH/III/1991.)

Mengetahui :
 Supervisor, SubLab Kesling,

dr. P. Rossiana
 Nip. 140176 119

Denpasar, 11 Desember 2009

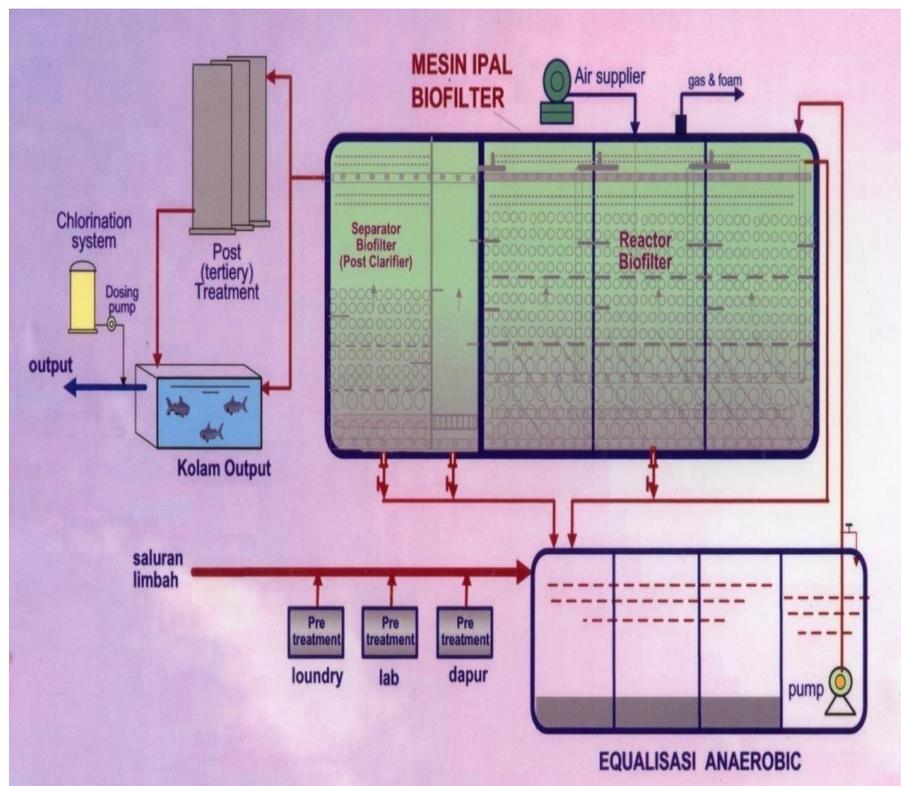
Ka Sub Lab Kesling-


Dian Safitri

Nip. 140 362 395

Lampiran 6

Replikasi Proses Teknologi Pengolahan Limbah Cair Biotek RSUP Sanglah



Lampiran 7

Hasil Pengukuran Limbah Cair RSUP Sanglah pada Tahapan Proses dan Pengambilan Titik Sampel

1. No. Agenda :
2. Perihal : Hasil Pemeriksaan Limbah Cair Rumah Sakit
3. Pengirim : Mahasiswa S3 Ilmu Pertanian Univ. Udayana
4. Contoh berasal dari : IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah)
5. Diambil oleh : Ir. Ketut Irianto, M.Si

| No Parameter | Ulangan | Stasiun A | Stasiun B | Stasiun C | Stasiun D |
|---------------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 Sifat Fisik Suhu | 1 | 28,70 | 29,20 | 29,00 | 29,78 |
| | 2 | 28,00 | 29,00 | 29,00 | 29,62 |
| | 3 | 27,00 | 29,00 | 28,60 | 29,00 |
| | 4 | 29,00 | 29,00 | 29,00 | 27,08 |
| | | | 28,17 | 29,05 | 28,90 |
| 2 Kekeruhan (NTV) | 1 | 988,60 | 616,50 | 520,30 | 141,00 |
| | 2 | 668,20 | 420,60 | 220,80 | 200,00 |
| | 3 | 677,60 | 420,80 | 210,00 | 200,68 |
| | 4 | 938,80 | 340,20 | 228,00 | 201,02 |
| | | | 818,30 | 449,53 | 294,77 |
| 3 Padatan | 1 | 63,00 | 32,80 | 32,00 | 10,10 |
| | 2 | 54,80 | 34,90 | 30,00 | 13,18 |
| | 3 | 54,20 | 34,20 | 20,50 | 32,09 |
| | 4 | 57,70 | 34,30 | 20,80 | 16,03 |
| | | | 57,43 | 34,05 | 25,83 |
| 4 Padatan Terlarut | 1 | 973,40 | 334,40 | 123,00 | 92,00 |
| | 2 | 483,00 | 300,00 | 113,00 | 67,08 |
| | 3 | 663,70 | 300,00 | 110,00 | 63,03 |
| | 4 | 663,80 | 209,80 | 110,00 | 60,22 |
| | | | 695,97 | 286,05 | 114,00 |
| 5 Warna (TCU) | 1 | 23,78 | 3,67 | 0,34 | 0,01 |
| | 2 | 11,84 | 8,29 | 0,01 | <0,01 |
| | 3 | 15,66 | 0,98 | 0,01 | <0,01 |
| | 4 | 22,34 | 6,72 | 0,06 | <0,01 |
| | | | 18,41 | 4,92 | 0,12 |
| 6 Bau | 1 | Bau | Bau | Tidak | Tidak |
| | 2 | Bau | Bau | Tidak | Tidak |
| | 3 | Bau | Bau | Tidak | Tidak |
| | 4 | Bau | Bau | Tidak | Tidak |
| | | | Bau | Bau | Tidak |
| 7 Sifat Kimia pH | 1 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,30 |
| | 2 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |

| No | Parameter | Ulangan | Stasiun A | Stasiun B | Stasiun C | Stasiun D |
|----|-----------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 3 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,30 |
| | | 4 | 7,00 | 7,00 | 7,30 | 7,30 |
| | | | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,3 |
| 8 | Fe (mg/l) | 1 | 1,68 | 1,60 | 1,34 | 1,34 |
| | | 2 | 1,68 | 1,62 | 1,30 | 1,34 |
| | | 3 | 1,68 | 1,68 | 1,32 | 1,20 |
| | | 4 | 1,68 | 1,62 | 1,34 | 1,20 |
| | | | 1,60 | 1,60 | 1,34 | 1,34 |
| 9 | Mn (mg/l) | 1 | 1,47 | 1,40 | 1,19 | 1,19 |
| | | 2 | 1,57 | 1,42 | 1,10 | 1,10 |
| | | 3 | 1,42 | 1,00 | 1,10 | 1,10 |
| | | 4 | 1,57 | 1,40 | 1,13 | 1,13 |
| | | | 1,47 | 1,40 | 1,19 | 1,19 |
| 10 | Sulfida (mg/l) | 1 | 3,30 | 0,32 | 0,10 | 0,01 |
| | | 2 | 3,30 | 0,36 | 0,10 | 0,01 |
| | | 3 | 3,30 | 0,32 | 0,11 | 0,11 |
| | | 4 | 3,30 | 0,32 | 0,60 | 0,01 |
| | | | 3,30 | 0,32 | 0,10 | 0,01 |
| 11 | Chlorida (mg/l) | 1 | 218,56 | 118,00 | 108,00 | 110,00 |
| | | 2 | 208,20 | 128,00 | 108,00 | 110,00 |
| | | 3 | 211,20 | 134,00 | 108,00 | 112,00 |
| | | 4 | 228,40 | 112,00 | 108,00 | 113,00 |
| | | | 218,56 | 118,0 | 108,0 | 110,0 |
| 12 | Amonia (mg/l) | 1 | 86,81 | 43,04 | 0,17 | 0,06 |
| | | 2 | 66,22 | 43,01 | 0,38 | 0,02 |
| | | 3 | 76,48 | 43,00 | 0,08 | 0,00 |
| | | 4 | 88,37 | 42,67 | 0,48 | 0,00 |
| | | | 86,81 | 43,04 | 0,17 | 0,06 |
| 13 | Nitrat | 1 | 1,62 | 4,29 | 4,00 | 4,42 |
| | | 2 | 1,62 | 3,33 | 4,01 | 4,00 |
| | | 3 | 1,62 | 4,00 | 4,66 | 4,00 |
| | | 4 | 1,66 | 4,22 | 4,43 | 4,06 |
| | | | 1,62 | 4,29 | 4,00 | 4,42 |
| 14 | Nitrit | 1 | 0,19 | 3,22 | 0,20 | 0,20 |
| | | 2 | 1,12 | 3,06 | 0,10 | 0,16 |
| | | 3 | 0,08 | 3,04 | 0,10 | 0,18 |
| | | 4 | 0,16 | 3,22 | 0,10 | 0,40 |
| | | | 0,19 | 3,22 | 0,20 | 0,20 |
| 15 | DO (mg/l) | 1 | 8,90 | 15,28 | 15,20 | 15,68 |
| | | 2 | 6,20 | 17,22 | 15,33 | 18,00 |
| | | 3 | 6,80 | 15,80 | 15,44 | 18,33 |

| No Parameter | Ulangan | Stasiun A | Stasiun B | Stasiun C | Stasiun D |
|---|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 4 | 6,90 | 19,00 | 12,34 | 20,14 |
| | | 8,9 | 15,28 | 15,20 | 15,68 |
| 16 BOD (mg/l) | 1 | 50,40 | 28,05 | 22,63 | 17,50 |
| | 2 | 58,40 | 27,02 | 22,00 | 20,00 |
| | 3 | 60,00 | 31,00 | 22,01 | 20,00 |
| | 4 | 60,08 | 26 02 | 22,41 | 18,09 |
| | | 80,43 | 28,05 | 22,63 | 17,50 |
| 17 COD (mg/l) | 1 | 168,00 | 87,67 | 47,00 | 18,00 |
| | 2 | 88,00 | 87,80 | 46,80 | 40,70 |
| | 3 | 109,00 | 48,30 | 42,80 | 10,90 |
| | 4 | 89,00 | 73,40 | 42,80 | 42,80 |
| | | 168,0 | 87,67 | 47 | 48,6 |
| 18 Minyak (mg/l) | 1 | 130,00 | 54,80 | 36,09 | 32,10 |
| | 2 | 57,30 | 28,40 | 30,02 | 20,05 |
| | 3 | 58,40 | 32,40 | 30,02 | 20,63 |
| | 4 | 97,20 | 43,40 | 20,05 | 20,55 |
| | | 130,0 | 54,8 | 36,09 | 32,10 |
| 19 Deterjen (mg/l) | 1 | 0,65 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| | 2 | 0,65 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| | 3 | 0,65 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| | 4 | 0,65 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| | | 0,65 | 0,05 | 0,00 | 0 |
| 20 Phospat (mg/l) | 1 | 111,15 | 118,51 | 74,82 | 63,11 |
| | 2 | 112,01 | 118,58 | 74,82 | |
| | 3 | 114,06 | 108,92 | 74,82 | 63,00 |
| | 4 | 188,02 | 116,98 | 74,82 | 63,11 |
| | | 111,15 | 118,51 | 74,82 | 63,14 |
| 21 Sifat Biologi Fecal Coliform (MPN/100ml) | 1 | 2.400,00 | 2.400,00 | 2.400,00 | 7,00 |
| | 2 | 2.400,00 | 2.400,00 | 1.100,00 | 13,00 |
| | 3 | 2.400,00 | 2.400,00 | 1.100,00 | 94,00 |
| | 4 | 2.400, 00 | 1.70000 | 700, 00 | 94,00 |
| | | 2.400,00 | 2.400,00 | 2.400,00 | 7 |

Lampiran 8

Hasil Uji Laboratorium Sampel Limbah Cair Pada Tahapan Proses Perlakuan RSUP Sanglah

| Parameter | Satuan | Lokasi pengambilan sampel | | | | Maksimum diperbolehkan | |
|------------------------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--|---|
| | | 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 |
| <u>Sifat Fisik</u> | | | | | | | |
| 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/l | 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 | - |

| | | | | | | | |
|----------------------|------------|--------|--------|-------|-------|---------|-------|
| <u>Sifat Kimia</u> | | | | | | | |
| 7. PH | | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,3 | 6 – 8,5 | 5-9 |
| 8. Fe | mg/l | 1,60 | 1,60 | 1,34 | 1,34 | 0,3 | 1,0 |
| 9. Mn | mg/l | 1,47 | 1,40 | 1,19 | 1,19 | - | - |
| 10. Sulfida | mg/l | 3,30 | 0,32 | 0,10 | 0,01 | 0,05 | Nihil |
| 11. Chlorida | mg/l | 218,56 | 118,0 | 108,0 | 110,0 | 250 | 600 |
| 12. Amonia | mg/l | 86,81 | 43,04 | 0,17 | 0,06 | - | 0,5 |
| 13. Nitrat | mg/l | 1,62 | 4,29 | 4,00 | 4,42 | 10 | 10 |
| 14. Nitrit | mg/l | 0,19 | 3,22 | 0,20 | 0,20 | 1,0 | 1,0 |
| 15. DO | Mg/l | 8,9 | 15,28 | 15,20 | 15,68 | > 4 | > 3 |
| 16. BOD | Mg/l | 80,43 | 28,05 | 22,63 | 17,50 | 20 | 20 |
| 17. COD | Mg/l | 168,0 | 87,67 | 47 | 48,6 | 30 | 30 |
| 18. Minyak | Mg/l | 130,0 | 54,8 | 36,09 | 32,10 | Nihil | Nihil |
| 19. Deterjen | Mg/l | 0,65 | 0,05 | 0,00 | 0 | 0,02 | 0,025 |
| 20. Phosphat | Mg/l | 111,15 | 118,51 | 74,82 | 63,14 | 0,2 | 0,2 |
| <u>Sifat Biologi</u> | | | | | | | |
| 21. Fecal Coli Form | MPN/100 ml | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 7 | 0 | - |

Lampiran 9

PENGUJIAN HIPOTESIS

1. Proses Teknologi

Standar parameter proses operasional
sistem teknologi pengolahan limbah cair secara biologi

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

Lampiran 10

Limbah Cair dalam Sistem Teknologi

| Deskripsi | Besaran | Satuan |
|------------------------------------|---------|----------------------|
| Aliran air limbah | 430 | m ³ /hari |
| Volume kolam <i>aerasi</i> | 129 | m ³ |
| Total padatan <i>Influen</i> | 500 | mg/l |
| Padatan tersuspensi <i>Influen</i> | 100 | mg/l |
| BOD <i>Influen</i> | 173 | mg/l |
| Padatan tersuspensi <i>Efluen</i> | 497 | mg/l |
| BOD <i>Efluen</i> | 20 | mg/l |
| MLSS | 41,37 | mg/l |

Sumber : RSUP Sanglah2009

A. Perhitungan

1. Perkiraan aliran air limbah

$$= \text{Vol kolam} / \text{laju alir} \times 24 \text{ jam} / \text{hari}$$

2. volume kolam *aerasi*

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

3. Total padatan *Influen*

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.

$$\text{MLSS} (Q + Q_r) = \text{TSS dalam lumpur} \times Q_r$$

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

1. Perhitungan Area dan Diameter

$$A = Q.X / SF$$

$$A = \text{Luas clarifier (m}^2\text{)}$$

$$Q = \text{Laju air (m}^3\text{/jam)}$$

$$X = \text{MLSS (kg/m}^2\text{)}$$

S SF= Nilai limit padatan diperoleh dari kurva (kg / m² jam)

2. Laju Over Flow Rata-rata

$$Q/A = 752,4 \text{ me/j} / 1128,6 \text{ m}^2 = 0,666 \text{ m/jam} = 15,9 \text{ m/hari}$$

3. 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:

$$= (10.000 + 3.000)/2 = 6500 \text{ mg/l}$$

Total massa padatan dalam kolam *aerasi* adalah

$$\text{MLSS} \times \text{vol efektif kolam} = 3000 \text{ gr/m}^3 \times 6517,5 \text{ m}^3 = 19552500 \text{ g} = 19552,5 \text{ kg}$$

$$\text{Total massa padatan dalam clarifier} = 0,3 \times 19552,5 = 5865,75 \text{ kg}$$

Ketinggian daerah pemadatan = Total padatan dalam clarifier

Konsentrasi rata-rata x area

$$= 586,5750 \text{ g} / (6500 \text{ g/m}^3 \times 1128,6 \text{ m}^2) = 0,799 \text{ m}$$

$$\text{Penambahan TSS} = 2443814 \text{ g/hari} = 2,443,814 \text{ kg/hari}$$

Daerah padatan dirancang untuk menampung lumpur selama 2 hari.

$$\text{TSS untuk 2 hari} = 2 \times 2443,814 = 4887,628 \text{ kg}$$

$$\text{Total padatan dalam clarifier} = 5865,75 + 4887,628 = 10,753,378 \text{ kg}$$

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)

$$= 1,5 + 0,799 + 1,46 + 0,4 = 4,159 \text{ m}$$

4. Perhitungan Power Aerator

Kebutuhan Oksigen untuk *aerasi* secara teoritis :

$$\text{O}_2 \text{ Kg/h} = \frac{\text{Ox} (\text{So} - \text{S}) - 1,42 \text{ Px}}{\text{BOD 5/BODI}}$$

$$\text{Px} = \text{jumlah lumpur yang dibuang} = 244381 \text{ g/hari}$$

$$\text{O}_2 = \frac{15000 \text{ m}^3/\text{h} (500 - 17,7) - 1,42 \times 2443814}{0,7} = 6864,78 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Berat Jenis udara} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

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)

$$= 1,44 \text{ kg/Hp.j} = 34,56 \text{ kg/hp.h}$$

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

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

C. Perhitungan Kebutuhan Makanan Untuk Bakteri

Perbandingan dasar perhitnungan sebagai berikut:

$$\text{BOD} : \text{N} : \text{P} = 100 : 5 : 1$$

$$\text{BOD} : \text{N} : \text{P} = 500 \text{ ppm} : 125 \text{ ppm} : 5 \text{ ppm}$$

Total kebutuhan N/hari = $15000 \text{ m}^3 / \text{h} \times 25 \text{ mg} / \text{l} \times 1000 \text{ l} / \text{m}^3 \times 10,6 \text{ kg} / \text{mg}$

$$= \mathbf{5,250 \text{ kg}}$$

Total kebutuhan Phospor/ hari = **1,05 kg.**

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

D. Perhitungan proses perlakuan teknologi biodetox:

$$T = \frac{129 \text{ m}^3}{430 \text{ m}^3 / \text{hari}} \times 24 = 3,33 \text{ jam}$$

$$430 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

$$\text{Beban BOD} = \frac{430 \text{ m}^3 / \text{hari} \times 173 \text{ mg/l}}{129 \text{ m}^3} = \mathbf{577 \text{ g/m}^3 / \text{hari}}$$

$$F/M = \frac{430 \text{ m}^3 / \text{hari} \times 173 \text{ mg/l}}{129 \text{ m}^3 \times 2500 \text{ mg/l}} = \mathbf{0,23 \text{ g/hari BOD} / \text{g MLSS}}$$

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

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

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

$$\text{Padatan tersuspensi dalam Efluen} = \frac{430 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20 \text{ mg/l}}{1000} = \mathbf{8,6 \text{ kg/hari}}$$

Padatan tersuspensi dalam *sludge* yang dibuang :

$$\frac{200 \text{ m}^3/\text{hari} \times 9800 \text{ mg/l}}{1000} = \mathbf{960 \text{ kg /hari}}$$

$$\text{Umur } \textit{sludge} = \frac{8500 \text{ m}^3 \times 2500 \text{ mg/l}}{100 (640 \text{ kg/hari} + 1960 \text{ kg/hari})} = \mathbf{1,24 \text{ hari}}$$

$$\text{Kecepatan } \textit{resirculation sludge} = \frac{10.000 \text{ m}^3/\text{hari}}{430 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 100 = \mathbf{35\%}$$

Hasil Perhitungan Proses Perlakuan Operasional Sistem Teknologi

Biodetox

| Parameter | Rumah Sakit pusat sistem teknologi | Standar operasional sistem teknologi pengolahan limbah cair |
|-----------------------|------------------------------------|---|
| Periode <i>aerasi</i> | 3,3 jam/hari | 6-9 jam |
| Beban BOD | 577 g/m/hari | 500 – 800 g/m/hari. |
| Rasio F/M | 0,23–0,5 g/BOD/hari/g MLSS | 0,2-0,5 g/BOD/hr/g/MLSS |
| Total padatan | 17% | 25% |
| Padatan tersuspensi | 78% | 82% |
| Effisiensi BOD | 88% | 85%-95% |
| Umur <i>sludge</i> | 1,24 hari | 5-10 Hari |

2. Potensi Limbah Cair RSUP Sanglah

Hasil pengukuran sampel limbah cair pada masing-masing titik pengambilan sampel dan tahapan proses teknologi biodetox

| No Parameter | Ulangan | Stasiun A | Stasiun B | Stasiun C | Stasiun D |
|---------------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SIFAT FISIK | | | | | |
| 1. Suhu | 1 | 28,70 | 29,20 | 29,00 | 29,78 |
| | 2 | 28,00 | 29,00 | 29,00 | 29,62 |
| | 3 | 27,00 | 29,00 | 28,60 | 29,00 |
| | 4 | 29,00 | 29,00 | 29,00 | 27,08 |
| 2. Kekeruhan (NTV) | 1 | 988,60 | 616,50 | 520,30 | 141,00 |
| | 2 | 668,20 | 420,60 | 220,80 | 200,00 |
| | 3 | 677,60 | 420,80 | 210,00 | 200,68 |
| | 4 | 938,80 | 340,20 | 228,00 | 201,02 |
| 3. Padatan | 1 | 63,00 | 32,80 | 32,00 | 10,10 |
| | 2 | 54,80 | 34,90 | 30,00 | 13,18 |
| | 3 | 54,20 | 34,20 | 20,50 | 32,09 |
| | 4 | 57,70 | 34,30 | 20,80 | 16,03 |
| 4. Padatan Terlarut | 1 | 973,40 | 334,40 | 123,00 | 92,00 |
| | 2 | 483,00 | 300,00 | 113,00 | 67,08 |
| | 3 | 663,70 | 300,00 | 110,00 | 63,03 |
| | 4 | 663,80 | 209,80 | 110,00 | 60,22 |
| 5. Warna (TCU) | 1 | 23,78 | 3,67 | 0,34 | 0,01 |
| | 2 | 11,84 | 8,29 | 0,01 | <0,01 |
| | 3 | 15,66 | 0,98 | 0,01 | <0,01 |
| | 4 | 22,34 | 6,72 | 0,06 | <0,01 |
| 6. Bau | 1 | Bau | Bau | Tidak | Tidak |
| | 2 | Bau | Bau | Tidak | Tidak |
| | 3 | Bau | Bau | Tidak | Tidak |
| | 4 | Bau | Bau | Tidak | Tidak |
| SIFAT KIMIA | | | | | |
| pH | 1 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,30 |
| | 2 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| | 3 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,30 |
| | 4 | 7,00 | 7,00 | 7,30 | 7,30 |
| 8. Fe (mg/l) | 1 | 1,68 | 1,60 | 1,34 | 1,34 |
| | 2 | 1,68 | 1,62 | 1,30 | 1,34 |
| | 3 | 1,68 | 1,68 | 1,32 | 1,20 |
| | 4 | 1,68 | 1,62 | 1,34 | 1,20 |
| 9. Mn (mg/l) | 1 | 1,47 | 1,40 | 1,19 | 1,19 |
| | 2 | 1,57 | 1,42 | 1,10 | 1,10 |
| | 3 | 1,42 | 1,00 | 1,10 | 1,10 |
| | 4 | 1,57 | 1,40 | 1,13 | 1,13 |

| No | Parameter | Ulangan | Stasiun A | Stasiun B | Stasiun C | Stasiun D |
|----|-----------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 10 | Sulfida (mg/l) | 1 | 3,30 | 0,32 | 0,10 | 0,01 |
| | | 2 | 3,30 | 0,36 | 0,10 | 0,01 |
| | | 3 | 3,30 | 0,32 | 0,11 | 0,11 |
| | | 4 | 3,30 | 0,32 | 0,60 | 0,01 |
| 11 | Chlorida (mg/l) | 1 | 218,56 | 118,00 | 108,00 | 110,00 |
| | | 2 | 208,20 | 128,00 | 108,00 | 110,00 |
| | | 3 | 211,20 | 134,00 | 108,00 | 112,00 |
| | | 4 | 228,40 | 112,00 | 108,00 | 113,00 |
| 12 | Amonia (mg/l) | 1 | 86,81 | 43,04 | 0,17 | 0,06 |
| | | 2 | 66,22 | 43,01 | 0,38 | 0,02 |
| | | 3 | 76,48 | 43,00 | 0,08 | 0,00 |
| | | 4 | 88,37 | 42,67 | 0,48 | 0,00 |
| 13 | Nitrat | 1 | 1,62 | 4,29 | 4,00 | 4,42 |
| | | 2 | 1,62 | 3,33 | 4,01 | 4,00 |
| | | 3 | 1,62 | 4,00 | 4,66 | 4,00 |
| | | 4 | 1,66 | 4,22 | 4,43 | 4,06 |
| 14 | Nitrit | 1 | 0,19 | 3,22 | 0,20 | 0,20 |
| | | 2 | 1,12 | 3,06 | 0,10 | 0,16 |
| | | 3 | 0,08 | 3,04 | 0,10 | 0,18 |
| | | 4 | 0,16 | 3,22 | 0,10 | 0,40 |
| 15 | DO (mg/l) | 1 | 8,90 | 15,28 | 15,20 | 15,68 |
| | | 2 | 6,20 | 17,22 | 15,33 | 18,00 |
| | | 3 | 6,80 | 15,80 | 15,44 | 18,33 |
| | | 4 | 6,90 | 19,00 | 12,34 | 20,14 |
| 16 | OD (mg/l) | 1 | 50,40 | 28,05 | 22,63 | 17,50 |
| | | 2 | 58,40 | 27,02 | 22,00 | 20,00 |
| | | 3 | 60,00 | 31,00 | 22,01 | 20,00 |
| | | 4 | 60,08 | 26 02 | 22,41 | 18,09 |
| 17 | COD (mg/l) | 1 | 168,00 | 87,67 | 47,00 | 18,00 |
| | | 2 | 88,00 | 87,80 | 46,80 | 40,70 |
| | | 3 | 109,00 | 48,30 | 42,80 | 10,90 |
| | | 4 | 89,00 | 73,40 | 42,80 | 42,80 |
| 18 | Minyak (mg/l) | 1 | 130,00 | 54,80 | 36,09 | 32,10 |
| | | 2 | 57,30 | 28,40 | 30,02 | 20,05 |
| | | 3 | 58,40 | 32,40 | 30,02 | 20,63 |
| | | 4 | 97,20 | 43,40 | 20,05 | 20,55 |
| 19 | Deterjen (mg/l) | 1 | 0,65 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| | | 2 | 0,65 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| | | 3 | 0,65 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| | | 4 | 0,65 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |

| No | Parameter | Ulangan | Stasiun A | Stasiun B | Stasiun C | Stasiun D |
|----------------------|-------------------------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 20 | Phosphat (mg/l) | 1 | 111,15 | 118,51 | 74,82 | 63,11 |
| | | 2 | 112,01 | 118,58 | 74,82 | |
| | | 3 | 114,06 | 108,92 | 74,82 | 63,00 |
| | | 4 | 188,02 | 116,98 | 74,82 | 63,11 |
| | | | 131,31 | 115,77 | 74,82 | 63,13 |
| SIFAT BIOLOGI | | | | | | |
| 21 | Fecal Coliform (MPN/100ml) | 1 | 2.400,00 | 2.400,00 | 2.400,00 | 7,00 |
| | | 2 | 2.400,00 | 2.400,00 | 1.100,00 | 13,00 |
| | | 3 | 2.400,00 | 2.400,00 | 1.100,00 | 94,00 |
| | | 4 | 2.400,00 | 1.70000 | 700,00 | 94,00 |

3. Pengujian Respon Tanaman

Signifikasi pengaruh jenis bahan baku pupuk (J) dan dosis bahan baku pupuk (K) dan interaksinya (VxP) terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi

| No | Variabel | Perlakuan | | |
|----------|--|-----------|----|-----|
| | | J | K | JxK |
| 1 | Pertumbuhan tanaman | | | |
| | 1. Tinggi tanaman maksimum | ** | ** | tn |
| | 2. Jumlah daun maksimum | ** | ** | tn |
| | 3. Luas daun pada umur: | | | |
| | 10 hst | ** | ** | tn |
| | 20 hst | ** | ** | tn |
| | 30 hst | ** | ** | tn |
| 2 | Hasil tanaman | | | |
| | 1. Berat daun segar per tanaman | ** | ** | ** |
| | 2. Berat akar segar per tanaman | ** | ** | tn |
| | 3. Berat total tanaman segar per tanaman | ** | ** | ** |
| | 4. Berat daun kering oven per tanaman | ** | ** | tn |
| | 5. Berat akar kering oven per tanaman | ** | ** | tn |
| | 6. Berat total tanaman kering oven per tanaman | ** | ** | tn |

Keterangan:

* = berpengaruh nyata ($P < 0,05$)

** = berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$)

tn = berpengaruh tidak nyata ($P \geq 0,05$)