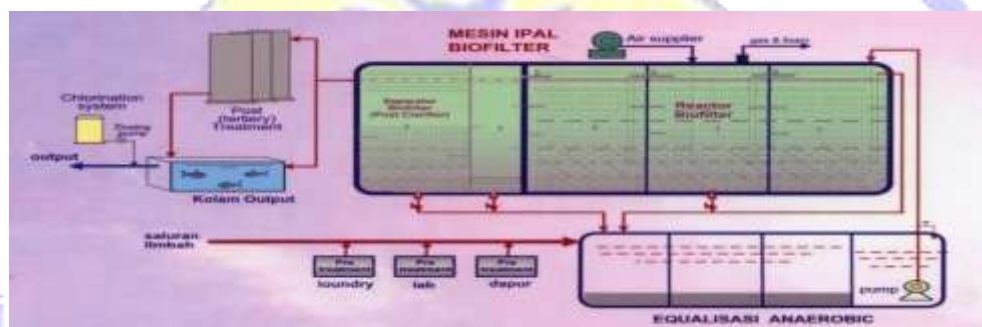




RANCANGAN TEKNOLOGI HASIL PENGOLAHAN DAN PEMANFAATKAN LIMBAH SEBAGAI BAHAN BAKU PUPUK



Gambar A. Dosis 0 g/polibag



Gambar B. Dosis 5 g/polibag



Gambar C. Dosis 10 g/polibag



Gambar D. Dosis 15 g/polibag

OLEH

Ir. I. KETUT IRIANTO M.Si

**FAKULTAS PERTANIAN PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
 UNIVERSITAS WARMADDEWA**

2016

KATA PENGANTAR

Rancangan teknologi ini dibuat, dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat dikalangan industry dan prumahan yang peduli terhadap lingkungan khususnya pencemaran, disamping itu adanya peraturan pemerintah yang menyatakan sebelum membuang limbah atau memnfaatkan limbah harus diproses terlebih dahulu dengan berbagai perlakuan teknologi. Teknolgi ini belum dipatenkan karena masih dalam proses pengujian dengan beberapa komoditas tanaman. Akan tetapi bahan baku pupuk hasil proses teknologi sudah diterapkan di masyarakat kelompok tani binaan. Beberapa tahapan proses perlakuan yang diberikan pada teknologi yaitu tahap dekomposisi, tahap fermentasi dan tahap mineralisasi. Dengan perlakuan fisik ,kimia dan biologi dengan pengaturan oksigen , pH, F/M ratio dan pengaturan aliran bahan baku limbah. Prinsip yang digunakan dalam teknologi ini yaitu menggunakan prinsip biologi sistem yang aman efisien dan ramah lingkungan, yaitu mengkondisikan lingkungan dimana mikrooganisme mampu melakukan bioaktifitas dan hiodegradasi unsur-unsur pencemar. . Untuk itu diperlukan pengkajian yang terus menerus hasil teknologi pengolahan limbah secara biologi dengan mencoba beberapa perlakuan biologi seperti : perlakuan pH, perlakuan suhu, Pemberian Makanan, pemberian oksigen, mengatur waktu tinggal limbah, mengatur resirkulasi limbah, sehingga nantinya menemukan hasil kualitas limbah sesuai dengan tujuan penanganan dan standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Rancangan teknologi ini sudah dipergunakan di beberapa Perusahaan Swasta, Lembaga Swadaya masyarakat,dan Desa Binaan yang mendapatkan rekomendasi dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Warmadewa.

Penulis

BAB. I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pembuatan pupuk organik cair harus memperhatikan bahan baku, komponen bahan baku dan proses fisik kimia dan biologis. Pupuk organik merupakan bersumber dari bahan alami atau buatan yang mengandung unsur-unsur kimia yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil produktivitas tanaman. Tanaman membutuhkan unsur-unsur hara dan lingkungan yang diperlukan bagi pertumbuhannya. Unsur hara tersebut sebagian telah tersedia di alam, namun sebagian lagi harus ditambahkan dengan beberapa unsure dengan organik maupun anorganik jalan pemupukan. Pupuk dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pupuk organik dan anorganik. Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, sisa hewan, dan limbah/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses fisik, kimia dan biologi, ada yang berbentuk padat atau cair/mineral, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba, yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Peraturan Menteri Pertanian Nomor.70/Permentan/SR.140/10/2011). Sedangkan anorganik adalah pupuk hasil proses teknologi secara kimia, fisik dan/atau biologis, dan merupakan hasil produk industri atau pabrik pembuatan pupuk (Peraturan Menteri Pertanian Nomor. 43/Permentan/SR.140/8/2011).

Penggunaan pupuk anorganik (sintetik) lebih banyak digunakan dibandingkan dengan pupuk organik. Hal ini didasari oleh beberapa pertimbangan petani seperti pupuk anorganik lebih praktis, ketersediaannya lebih banyak, dan mengandung hara yang tinggi sehingga hasilnya tampak dalam jangka waktu yang relatif singkat. Pupuk kimia yang sering digunakan antara lain Urea dan ZA untuk hara N (nitrogen), pupuk TSP, DSP, dan SP-26 untuk hara P (fosfat), dan KCl atau MOP untuk hara K (Kalium). Penggunaan pupuk kimia dalam dosis tinggi cenderung berdampak negatif pada lingkungan. Hal ini disebabkan pupuk kimia mudah hilang dari tanah karena pencucian (leaching) sehingga menjadi tidak efisien dan mencemari lingkungan, menurunnya kemampuan tanah untuk menyerap air, menurunnya daya sangga tanah dan meningkatnya kerusakan tanah. Untuk mengurangi dampak negatif terhadap penggunaan pupuk kimia, maka dilakukan upaya penggantian dengan menggunakan pupuk organik.

Dampak positif penggunaan pupuk organik terhadap tanah terlihat pada sifat fisik tanah yaitu terciptanya agregat tanah yang ideal untuk pertumbuhan tanaman, pH tanah berada pada

kisaran optimal untuk ketersediaan P dan pengayaan unsur hara lainnya, serta menstimulasi kegiatan jasad renik tanah yang merombak bahan organik (Dahlan. *et al.*, 2008). Hasil penelitian penggunaan pupuk organik cair terhadap kentang yang dilakukan Parman, S. (2007) melaporkan bahwa pupuk organik cair dengan konsentrasi 4 mg/L secara signifikan meningkatkan jumlah daun, diameter umbi, berat basah tanaman dan berat basah umbi kentang.

Meningkatnya penggunaan pupuk organik akhir-akhir ini harus diikuti dengan upaya pencarian sumber-sumber baru sebagai bahan baku pupuk organik. Beberapa bahan baku yang telah diupayakan dengan memanfaatkan limbah pertanian, kotoran hewan dan limbah domestik. Pemanfaatan bahan-bahan yang tersedia di alam sebagai pupuk organik cair haruslah memenuhi standar baku mutu pupuk. Untuk itu diperlukan suatu teknologi yang mampu menghasilkan pupuk organik yang sesuai dengan standar baku mutu. Persyaratan teknis pupuk organik cair menurut Peraturan Menteri Pertanian No.70/ Permentan/ SR.140/10/2011. tentang Pupuk Organik dan Pembenh Tanah diantaranya C-organik $\geq 4,5\%$; pH 4-8; P₂O₅ dan K₂O masing-masing > 5 , kandungan unsur mikro seperti Zn, Cu, Mn, Co, B, Mo dan Fe masing-masing maksimal sebesar 0,250 ppm, 0,250 ppm, 0,250 ppm, 0,0005 ppm, 0,125 ppm, 0,001 ppm dan 0,04 ppm.



GUNA WIDYA SEWAKA NAGARA

BAB. II

DESKRIPSI BAHAN BAKU PUPUK

2.1 Pupuk

Pupuk adalah zat atau senyawa sederhana yang mengandung unsur hara makro dan mikro, garam, ion-ion organik, asam amino dan mineral yang merupakan hasil proses perombakan dan pengikatan secara fisik, kimia dan biologi baik di tanah, air dan udara (Schitzer, 1982 dan Sarwono, 1997). Beberapa kompoenen 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, kandungan unsur dan proses teknologi perlu dilakukan agar keefektifan dalam pemberian pupuk terhadap tanaman selama pertumbuhan mencapai optimal (Musnamar dan Ismawati, 2002).

Tabel 2.1

Konsentrasi Larutan Diperlukan Tanaman dan Bentuk Garam Pupuknya

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

Sumber : Lingga, 2010

2.2 Bahan Baku

Limbah cair adalah bahan baku yang berasal dari 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 Abel (1989) dan Jayadiningrat

(1990) limbah yang dikeluarkan tergantung dari jenis kegiatan dan standar kualitas kehidupan. Hal ini terlihat pada Tabel 1. tentang keperluan air per orang per hari,

Tabel 2.2
Kebutuhan air Per Orang Per Hari

| Penggunaan air | Air yang dibutuhkan |
|---------------------------|---------------------|
| 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 Rumah Sakit 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 perhitungannya sebagai berikut:

Setiap hari seorang menghasilkan $BOD = 300 \times 180$ mg

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

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

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

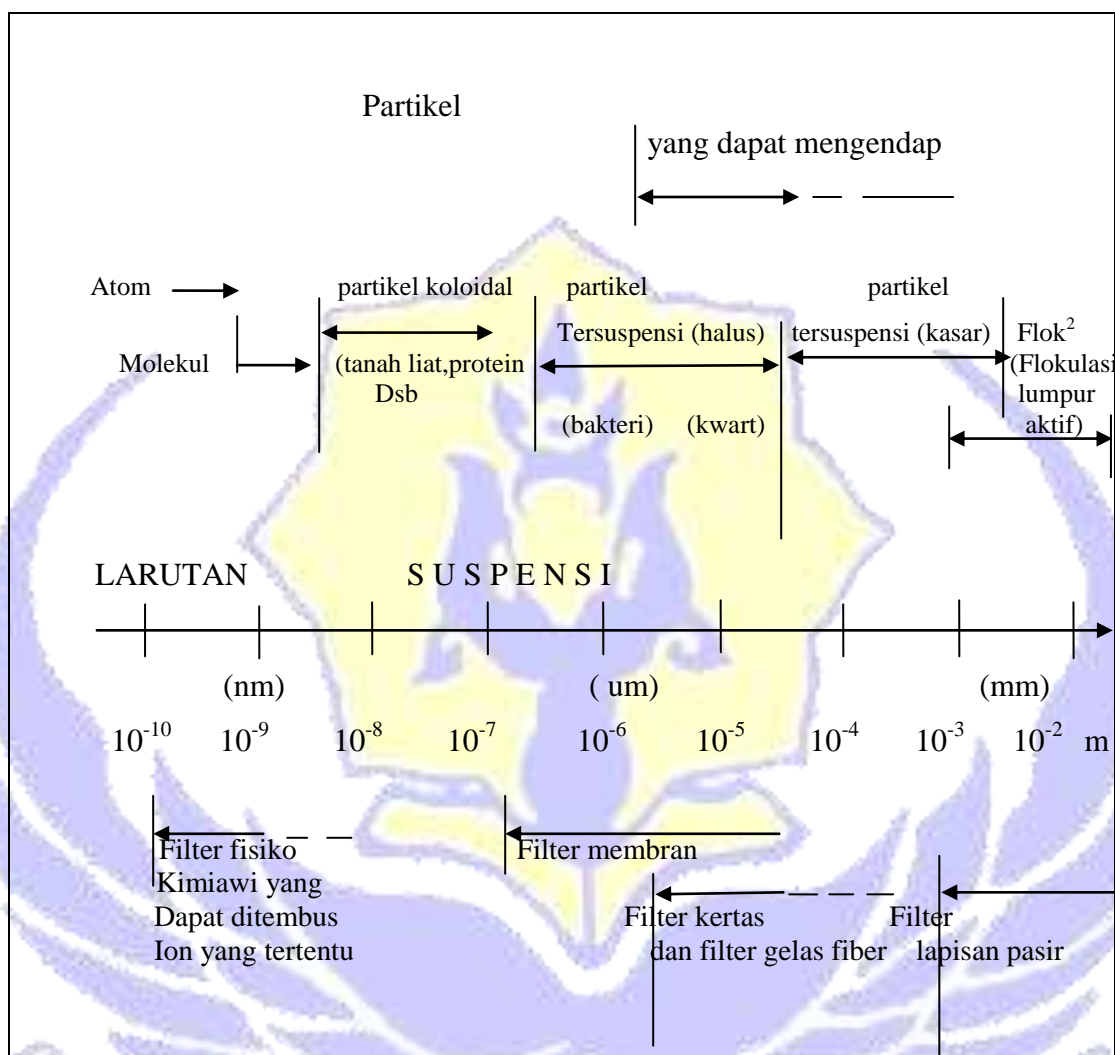
$$X = \frac{10^6 \times 2000}{54 \times 10^3} = \frac{1000 \times 2000}{54}$$

$X =$ sekitar 40.000 orang

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

Dalam air limbah ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organik, zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat, kwarts (Sugiharto, 1987 dan

Fardiaz, 1992). Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini di tentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel tersebut yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1

Kelompok Zat dalam Air Limbah.

Sumber : Alaert dan Santika (1987)

Kelompok zat tersebut berasal dari bahan buangan limbah cair meliputi:

Sumber bahan baku

Kualitas dan karakteristik bahan baku limbah berhubungan erat dengan jenis kegiatan dan asal /sumber bahan buangan yang memakai bahan baku air (Boyd C.E, 1988 dan Efendi,H., 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 (Gunawan, 2000). Salah satu contoh karakteristik air limbah domestik Rumah Sakit hasil olahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Konsep Rancangan Pembuatan Pupuk Organik Cair

Bahan baku yang bersumber dari limbah cair hasil kegiatan harus melalui beberapa tahap proses yaitu proses pre treatment, treatment dan stabilisasi (Depkes, 2002). Dari tahapan proses akan terjadi proses dekomposisi, fermentasi dan mineralisasi yang dilakukan oleh mikroorganisme. Untuk bisa berlangsungnya proses biologi tersebut, diperlukan suatu sistem teknologi dengan beberapa perlakuan :

Perlakuan fisik. Seperti misalnya: 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 misalnya: pemisahan partikel tersuspensi dan juga pengurangan fosfor dan besi dengan penambahan unsur kimia seperti kapur flokulan atau pengendap aluminium, bila bahan terlarut yang dipisahkan tergumpal akan mudah dipisahkan secara sedimentasi atau penyaringan (Depkes, 2002). Pemisahan kimiawi yang lain yaitu dengan perlakuan karbon aktif, dengan alat penukar ion ataupun dengan disinfeksi (BPPT, 1996).

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

2.5 Komponen Biologi Dalam Sistem Teknologi

Sistem teknologi pembuatan pupuk organik cair adalah suatu rangkaian yang terdiri dari beberapa tahap proses perlakuan fisik, kimia dan biologi (BPPT, 1996). Berlangsungnya proses biologi tergantung dari kondisi lingkungan dimana limbah (bahan baku) tersebut berada. Menurut Garin (2008), kondisi lingkungan perairan tersebut menyangkut :

(1) Nutrien

Sangat penting bagi respon pertumbuhan mikroba dalam sistem pembuatan pupuk organik cair secara biologis juga ditentukan oleh kualitas dan kuantitas dari nutrisi bahan baku pupuk (Hendrickey *et al*, 2005). Jumlah nutrisi yang ada diketahui secara empiris sebagai

biological oxygen demand (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Organic Carbon* (TOC), sedangkan kualitas nutrisi dapat dilihat dalam kandungan amonia, nitrogen dan fosfat. Optimum asimilasi limbah oleh sel mikrobia bila imbalan antara karbon, nitrogen dan fosfor sekitar 100 : 6 : 1 (Gunawan, 2000). 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 sample limbah cair. Korelasi antara harga BOD, COD dan TOC sangat sulit untuk dihitung (Darmono, 2001). Dari beberapa data menunjukkan bahwa analisis limbah rumah tangga mempunyai korelasi sebagai berikut :

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

$$\text{Rasio BOD5/TOC} = 1.0\% - 1.6\%$$

Dalam limbah cair pengolahan pangan, kualitas nutrisi dapat dianalisis dan umumnya berupa gula terlarut, pati dekstran, selulosa, protein ion anorganik dan 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 (Gunawan, 2000).

Kualitas nutrisi yang tersedia juga menentukan komposisi mikroflora yang tumbuh, dan hal ini tergantung dari kemampuan menyesuaikan diri dalam lingkungan limbah serta kemampuan bersaing antar mikroflora dalam kondisi air limbah tersebut (Efendi, 2003). Dalam hal tertentu pada keadaan nutrisi yang tidak seimbang menyebabkan pertumbuhan mikroba filamentus (bakteri dan jamur) yang sulit mengendap (Darmono, 2001).

(2) Kadar Oksigen

Ketersediaan oksigen bagi mikroorganisme sangat mempengaruhi berlangsungnya proses asimilasi serta tipe populasi mikroorganismenya. Ada 3 tipe proses biologis yang dikenal, yaitu aerob, mikroaerofil/ fakultatif dan anaerob (Heider dan Rabus, 2008). Oksigen antara 0,8–4,0 mg/l sebagai oksigen terlarut (Entjang, 1997).

Aktivitas metabolisme oksidatif mikroflora sangat tergantung dari oksigen untuk fungsi respirasi dan sebagai hasil akhir metabolisme aerob adalah CO₂, air dan sejumlah kecil ammonia

(Rukaesih, 2008). Bila kadar oksigen turun dibawah 0.5 mg/l tipe mikroflora yang fakultatif akan aktif dan hasil akhir metabolismenya berupa laktat, alcohol, 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 dan pH.

Parameter ini berkaitan dengan aktivitas katalisis sistem enzim yang ada pada mikroorganisme (Heider dan Rabus, 2008). Suhu menentukan kecepatan katalisa, sedangkan pH menentukan imbangan 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. Menurut Chang (1995) contoh 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. Jadi apabila dalam limbah terdapat senyawa toksik yang cukup akan mampu menghambat aktivitas/proses asimilasi biologis yang diharapkan dapat terhenti (Bareck, 1998). Toksisitas bahan organik dan anorganik yang mampu menghambat aktivitas biologis limbah, dipengaruhi oleh faktor lain seperti suhu, pH, kadar garam dan waktu kontraknya (Darmono, 2001).

(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.

2.6 Parameter Perlakuan Biologi

Indikator keberhasilan suatu teknologi menyangkut beberapa hal yaitu: a) Kecepatan mikroorganisme (*bioaktivitas*) b) kecepatan menguraikan bahan baku pupuk (*bioremediasi*) c) kondisi lingkungan bahan baku pupuk. Untuk itu perlu pengaturan perlakuan biologi seperti:

(1) Food/Microorganism Ratio

F/M adalah ratio ketersediaan makanan/nutrien terhadap kuantitas mikroorganisme yang berperan dan ada dalam air limbah (Champman, 1996). Winarso (2005) mengatakan bahwa proses penyerapan polutan atau asimilasi polutan sangat tergantung aktivitas biologis mikroflora dalam sludge serta jenis dan jumlah nutrisi 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 biomassa untuk diendapkan (Diaz, 2008). Pada dasarnya rasio makanan dan populasi mikrobia (F/M) dapat mengendalikan sifat pertumbuhan serta mempengaruhi sifat pengendapan sludge dan karakteristik asimilasinya (Firngadi, 1995). Sludge yang terflokulasi tersusun dari senyawa limbah tersuspensi yang koloidal bercampur dengan garam mineral dan sludge mikroorganisme, dan sludge ini sering juga disebut biomassa, atau dianalisa sebagai suspended solid (McLeod dan Eltis, 2008).

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

Campuran padatan *activated sludge* dan air limbah dikenal sebagai *Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)*. MLSS menunjukkan jumlah bahan baku yang dihasilkan berupa biomassa dari bahan baku yang tahan melapuk (Garin, 2008). Kadar MLSS mempengaruhi kecepatan asimilasi polutan per satuan waktu dan terkait langsung dengan pengendalian parameter F/M (Firngadi, 1995). Suatu contoh yang ekstrem yaitu bila aliran influen Resirkulasi sludge tiba-tiba dibesarkan maka rasio F/M menjadi besar dan sifat sludge menjadi sulit diendapkan dalam klarifikasi, sehingga proses penghilangan polutan menjadi kurang efisien (Fardiaz, 1998).

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

Sludge age atau umur sludge menyatakan berapa lama sludge mengadakan kontak dengan limbah cair dalam suatu sistem, ini akan berhubungan dengan ketahanan unsur dalam

sludge dan akan berpengaruh secara langsung terhadap harga F/M (BPPT, 1996). 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, 2005a).

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

Sludge age (hari) =

$$\frac{\text{g MLSS dalam tangki aerasi}}{\text{g SS dalam efluen dan sludge yang dibuat perhari}}$$

(4) Waktu Oksigen yang diberikan

Detention time adalah lamanya oksigen yang diberikan pada suatu limbah dalam proses aerasi. Lamanya waktu ditentukan oleh kecepatan aliran efluen kedalam tangki koalmaerasi dan volume aktif dari kolam aerasi (Pusston, 2008).

$$t = 24 \frac{V}{Q}$$

t = Lamanya waktu (jam)

V = Kapasitas kolam tangki aerasi (m³)

Q = distributionn influen (m³/hari)

Kekompakan lumpur (*Sludge Settling*)

Pada tahap ini sebagian besar BOD telah diurai dan sisanya BOD yang tersuspensi melekat pada massa mikroba (*flok/MLSS*). Flokulasi biomasa dibawa pada suatu tangki klarifikasi dan diberi kesempatan untuk mengendap dan cairan yang bersih dibuang sebagai efluen (Pusston, 2008).

Menurut Meagler (2000) kecepatan pengendapan flokulasi biomasa tergantung dari densitas padatan tersuspensi tersebut dan dianalisis sebagai *sludge volume index* (SVI). SVI dinyatakan dengan volume dalam millimeter yang diperlukan untuk 1 gram padatan tersuspensi dari sampel sebanyak 1 liter, harga SVI rendah menunjukkan kekompakan sludge yang baik.

Proses activated sludge sangat penting untuk mengukur kualitas padatan tersuspensi dalam campuran cairan, tipe mikroflora yang ada pada lumpur (*sludge*), imbalanced antara BOD

dan sludge, ketersediaan udara per unit BOD yang digunakan, waktu aerasi (lamanya) dalam tangki aerasi dan klarifikasi serta perencanaan sistem (Diaz, 2008).

Menurut Fair, *et al* (1996) menyatakan bahwa kuantitas padatan tersuspensi dalam cairan berperan untuk kelangsungan proses melalui dua jalan yaitu: 1) Menyediakan kesempatan bagi sludge untuk menangkap, mendegradasi dan menghilangkan polutan dari air limbah, 2) Memberi kondisi agar padatan tersuspensi tersebut dapat mengendap.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa mikroflora yang terdapat pada sludge sangat bervariasi dari sistem yang satu ke sistem yang lain. Pada umumnya, terdapat spesies bakteri dari genus *Bacillus*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Zooglea*, *Nitrobacter*, *Rhodopseudomonas* dan *Cellulomonas* yang sangat bermanfaat untuk kelancaran proses lumpur aktif (*activated sludge*). Budiyanto (2004) mengatakan keberadaan bakteri filamentus dari genus *Sphaerotilus* menyebabkan sulitnya sludge mengendap dalam proses klarifikasi (*bulking sludge*).

Pentingnya kadar MLSS dapat menentukan mikroorganisme yang aktif dalam sludge dan imbalanced sludge dengan beban BOD dari air limbah, sehingga dapat menentukan kelancaran proses *activated sludge* seperti yang diharapkan (Diaz, 2008). Test/uji laboratorium untuk memonitor proses *activated sludge* adalah: kadar oksigen terlarut (DO), kadar MLSS, BOD efluen dan kadar padatan terlarut dalam efluen.

BOD influen dan kecepatan alirannya diperlukan untuk menghitung beban BOD, rasio F/M serta periode aerasi. Kadar padatan dalam sludge yang diresirkulasi, kualitas efluen dari proses klarifikasi.

GUANA WIDYA SEWAKA NAGARA

BAB III

KOMPONEN BAHAN BAKU

Beberapa komponen penting yang terdapat dalam bahan baku pupuk cair adalah asam amino, mineral organik, hormon, mikroorganisme. Asam amino seperti: asparigin, glycine, lysine, ammonium accitedacid, cystein, tyrosin dll. Mineral organic seperti: unsur makro N, P, K dan unsur mikro Mg, Ca, S, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Al, Mo. Jenis hormon seperti: Giberelin, Zeatin dan IAA, mikroorganisme seperti: protozoa, fungi, jamur, bakteri dan virus (Mikelsen, 2000). Analisis komposisi bahan baku pupuk limbah cair domestik rumah sakit hasil pengolahan dengan sistem teknologi disajikan pada Tabel 3

Tabel. 3.1
Komposisi komponen bahan baku

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

Sumber: Laboratorium Rumah Sakit Sanglah, 2010

Berdasarkan derajat pelapukan maka zat organik dapat digolongkan menjadi bahan organik mati dan bahan organik hidup. Bahan organik hidup seperti bakteri, fungi, protozoa, amuba, virus. Bahan organik mati terdiri dari : pelapukan segar, sedang melapuk dan tahan melapuk. Pelapukan segar kaya protein, sedang melapuk kaya N dan zat hara, tahan terhadap pelapukan kaya humus. Limbah yang berada dilingkungan kaya oksigen, kaya nutrien, jazad

renik berwarna keabuan (Yowono, 2008). Pelapukan unsur hara hasil kegiatan 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, H_2O , O_2 , H_2 , H^+ , OH , S , Ca^{+2} , dan lain-lain.

2.7 Komponen mikroorganisme 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 nutrisi selengkapanya dapat terlihat pada Tabel 2.6.

Tabel 3.2.
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 $20^\circ - 40^\circ\text{C}$ 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 menyemat nitrogen di udara, air dan tanah.

mampu menurunkan kebutuhan pupuk nitrogen sebesar 25 % - 50 % (Sutanto, 2002). Bakteri ini dapat ditumbuhkan didalam media dan setelah di campur dengan bahan pembawa seperti air limbah. *Azotobacter* dapat digunakan untuk tanaman baik untuk tanaman sereal 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* (Schuler *et al* 1993). Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil tanaman sereal seperti padi, gandum, sorgum dan jagung meningkat lebih dan 11% setelah diinokulasi dengan *Azotobacter*.

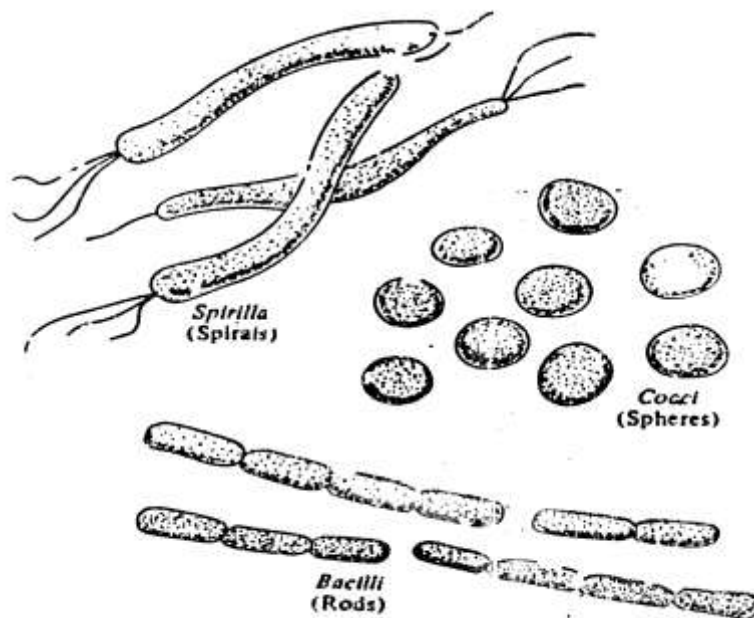
Tanaman *Azolla* merupakan tanaman air yang banyak tumbuh di perairan limbah domestik terutama tingkat polutan organik yang tinggi. Hasil penelitian tanaman air *Azolla* dikembang biakkan dipetak berukuran 1 m², tiga minggu sebelum tanam. Inokulasi dilaksanakan dengan dosis 100 g/m² (0,1 ton/ha) setelah 15-20 hari tanaman air azola berkembang 100 kali dan menghasilkan biomasa selama 10-15 hari. Ganggang Biru (*Cyanobacter*) Ganggang biru merupakan penambat N₂ yang cukup efektif di tanah sawah. Bakteri ini dapat dikembangkan sebagai teknologi alternatif untuk menggantikan sebagian pupuk N yang diperlukan tanaman padi. Di beberapa kawasan penghasil padi, seperti Thailand, Vietnam, dan 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.

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

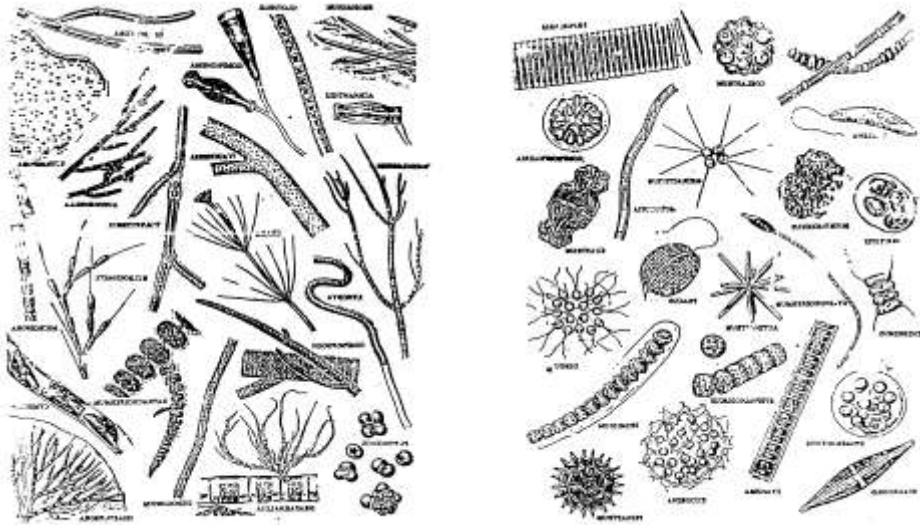
Tabel 3.3
Beberapa tipe penambatan nitrogen secara biologis

| Tipe Penambatan N ₂ | Simbiosis | Asosiasi | Hidup bebas |
|--------------------------------|---|-----------------------------|--|
| Mikroorganisme | Rhizobium Antinomycetes | Azospirillum Azotobacter | Azotobacter Klebsiella Rodospirillum |
| 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)

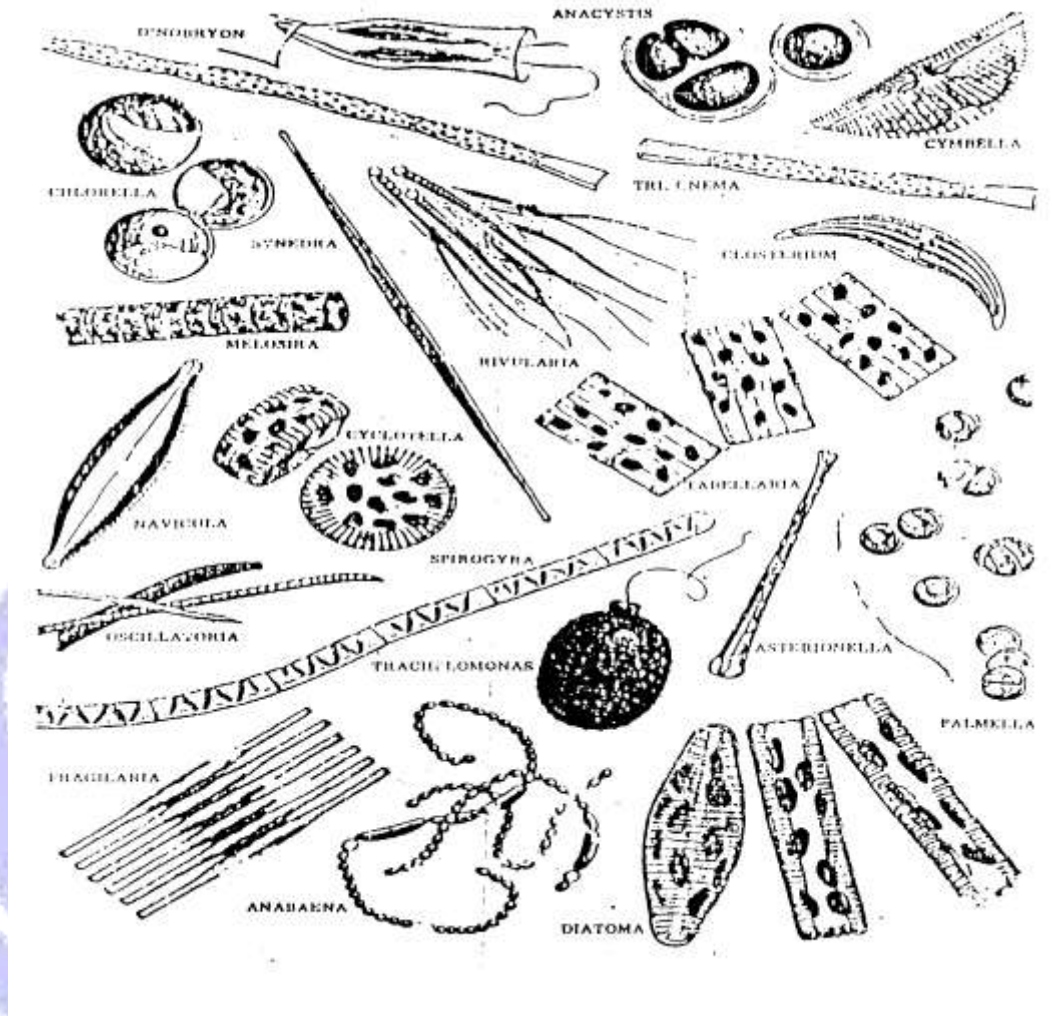


Gambar. 3.
Bakteri yang terdapat pada limbah cair pada tahap pretreatment dan treatment



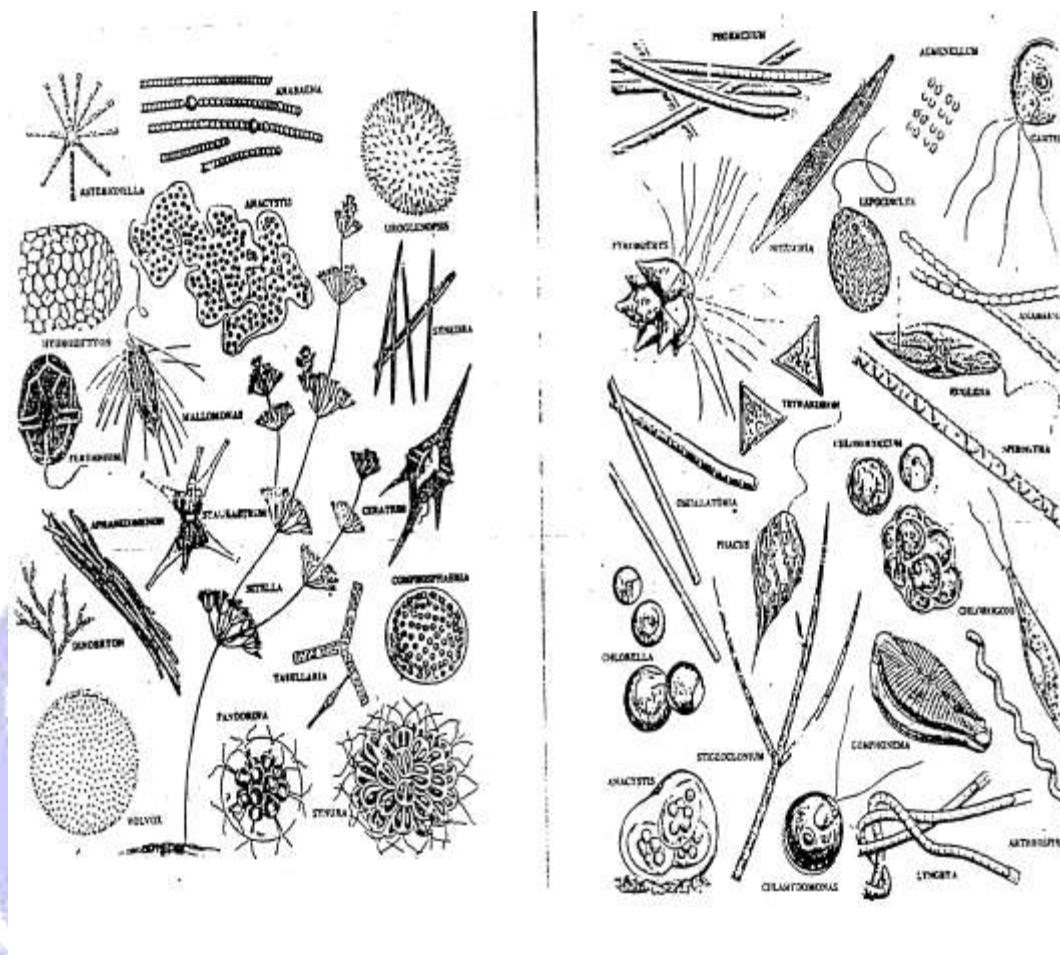
Gambar. 4
Mikroorganisme pada kolam sedimentasi dan air permukaan





Gambar 5
Mikroalga di air permukaan pada tahap stabilisasi/maturasi

GUNA WIDYA SEWAKA NAGARA



Gambar 6.

Mikroorganisme dalam proses dekomposisi yang menyebabkan bau

2.8 Larutan hara tanaman.

Larutan dalam bahan baku 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 (H_2O), udara (CO_2), cahaya, garam-garam pupuk, unsur hara makro dan mikro serta penopang akar.

Lebih lanjut dikatakan bahwa garam-garam pupuk yang diperlukan diisap melalui akar dalam bentuk larutan seperti Tabel 2.11

Tabel 3.4
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 |

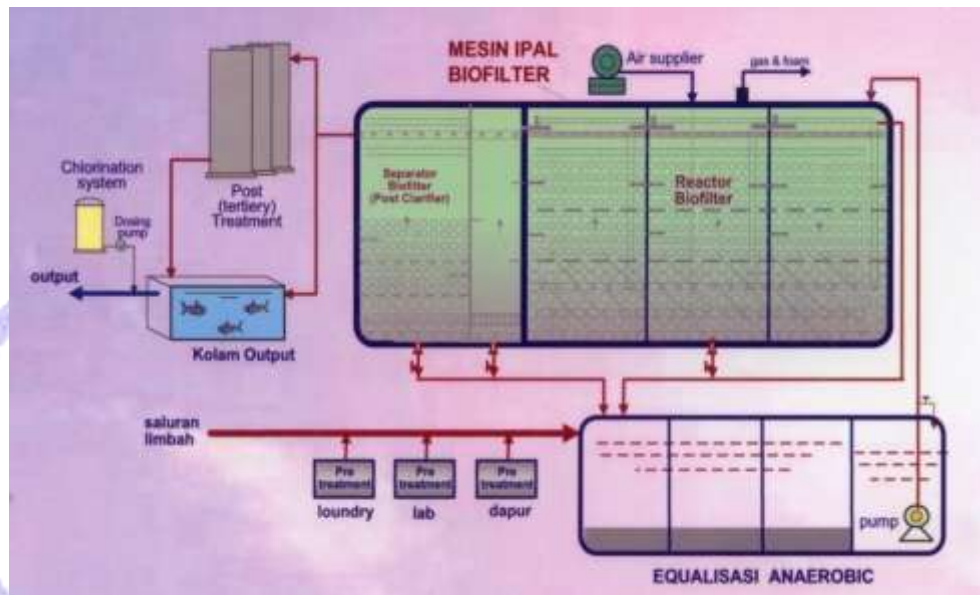
Sumber : Yowono, 2008

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 1,800%, fosfor 0,757%, kalium 0,383% magnesium 0,383%, kalsium 0,97%, sulfur 0,215%, besi 236 ppm, seng 149 ppm, dan beberapa kandungan asam amino (Asparigin, glycin, methionine, phenylalanine dan proline).

BAB IV

RANCANGAN TEKNOLOGI

3.1 Rancangan Sistem Teknologi



1. Tahapan Proses

Tahap pre treatment (Tangki 1), bahan baku air limbah dari seluruh unit kegiatan dialirkan melalui saluran tertutup ke septik tank unit 1 (equalizer), kemudian dari tank tersebut dialirkan ke aerator melalui kolam influen, disini terjadi proses dekomposisi, fermentasi ditunjukkan oleh parameter fisik seperti pH asam, suhu tinggi, warna keruh, masih berbau. Keberadaan mikroorganisme mikroflora dan mikrofauna seperti bakteri jenis aktinomiset terdiri dari jamur, ganggang, virus, Protozoa. Menunjukkan lingkungan perairan Anaerob, menghendaki suhu dibawah 30°C psikrofil. Dan jumlah air limbah $16.000\text{ m}^3/\text{hari}$ diperoleh beban BOD 173 mg/l influen, Jumlah padatan influen 598 mg/l , padatan influen 101 mg/l , aliran sludge yang diresirkulasi $110.000\text{ m}^3/\text{hari}$

Tahap treatment (Tangki - 2), bahan baku dialirkan ke kolam fermentasi (bak aerasi) dengan volume kolam aerasi 8.500 m^2 , perlakuan aerasi 6 - 9 jam/ hari, umur rata - rata sludge 8,2 hari, rata-rata kecepatan resirkulasi sludge 35% , lalu difiltrasi. Dari kolam aerasi terjadi penghilangan polutan organik, bakteri patogen dan

perombakan bahan organik oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan pemberian nutrisi F/M 0,24 g/BOD hari/g MLSS. Kemudian limbah cair difiltrasi yaitu dipisahkan berdasarkan bentuk dan ukuran partikel koloidal yang dihendaki (padatan terlarut, padatan tersuspensi dan efluen). Keberadaan mikroorganisme makroflora dan makrofauna seperti jenis termofil dan mesofil yaitu menghendaki suhu antara 30⁰ C- 60⁰ C terdiri dari jamur dan algae, insek, serangga, cacing menunjukkan kondisi lingkungan aerob.

Tahap stabilisasi (Tangki - 3), bahan baku limbah cair dikontakkan dengan udara disekitarnya kolam sudah terbuka. Secara fisik air limbah sudah tidak berbau, tidak keruh, pH stabil, suhu sesuai dengan suhu sekitarnya dan karakteristik sudah terlihat seperti: padatan terlarut, padatan tersuspensi dan efluen (cairan). Keberadaan mikroorganisme yang bersifat mesofil yang menghendaki suhu diatas 40⁰ C seperti: mikroflora, makroflora dan makrofauna menunjukkan proses asimilasi dan siklus biokimia alam sudah berjalan. Efisiensi total padatan 17%, efisiensi padatan tersuspensi 78%, efisiensi BOD 88% dan menghasilkan padatan tersuspensi dalam efluen 640 kg/hari.

3.2 Rancangan Sistem Perlakuan Biologi

Tabel. 4.1
Perlakuan biologis sistem teknologi

| Parameter | Sistem teknologi | Standar operasional sistem teknologi |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Waktu aerasi | 7 – 9 jam/hari | 6-10 jam |
| Nilai BOD | 590 g/m ³ /hari | 510 – 800 g/m ³ /hari. |
| F/M | 0,24–0,52 g/BOD/hari/g MLSS | 0,2-0,3 g/BOD/hr/g/MLSS |
| Jumlah padatan | 17% | 25% |
| Padatan tersuspensi | 78% | 82% |
| Effisiensi BOD | 88% | 85%-95% |
| Umur sludge | 8,2 hari | 5-10 hari |

1) Periode Aerasi

$$t = \frac{8.500m^3}{16.000m^3 / hari} \times 24 = 7 \text{ jam}$$

Hasil perhitungan proses operasional teknologi diperoleh nilai beban BOD 590 g/m/h dengan periode aerasi 7 jam/hari. Hal ini sesuai dengan standar operasional teknologi pembuatan pupuk yaitu 500-800 g/m/hari dengan periode aerasi 6-9 jam/hari. Menurut Garin (2008) waktu untuk proses aerasi (*detention time*) pada sistem lumpur aktif berkisar 6-30 jam, kolam stabilisasi 9-14 hari tergantung tipe limbah, mikroorganisme dan kemampuan mikroflora dalam kondisi lingkungan limbah.

2) F/M (*Food/ Microorganism*)

$$F/M = \frac{16.000m / hari}{8.500m^3 \times 2.500mg / L} \times 173 = \frac{0.24g / hari}{gMLSS}$$

Nilai F/M rasio diperoleh 0,24 g/BOD/hari/g/MLSS, Standar uji berkisar 0,24-0,50 ini menunjukkan jumlah nutrient yang tersedia dan keberadaan mikroorganisme yang ikut terlibat dalam proses degradasi bahan organik. Menurut BPPT (1996) bila air limbah kontak dengan sludge kondisi lingkungan semakin seimbang (mikroorganisme dan nutrient) rasio ini berkisar antara 0,05-1,00 dengan rasio umum antara 0,3-0,5.

3) Efisiensi Total padatan

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

Nilai total padatan 17%, ini menunjukkan jumlah total partikel koloidal dan padatan tersuspensi yang terdapat dalam limbah cair. Menurut Firngadi (1995) padatan total akan berpengaruh terhadap jumlah kandungan unsur dan mikroorganisme, sehingga akan berpengaruh terhadap resirkulasi sludge dan penghilangan polutan, Total padatan yang diharapkan adalah 25% dari beban BOD.

4) Efisiensi Padatan Tersuspensi

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

Efisiensi padatan tersuspensi 78%, ini menunjukkan jumlah padatan yang tidak terlarut dalam air. Padatan tersuspensi yang diharapkan 82% padatan tersuspensi akan berpengaruh terhadap F/M rasio dan resirkulasi sludge (Fardiaz, 1998). Firngadi (1995) menyatakan bahwa padatan tersuspensi mempengaruhi kecepatan asimilasi polutan persatuan waktu yang akan terkait pengendalian nutrien.

5) Efisiensi BOD

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

Efisiensi BOD 88%, ini menunjukkan jumlah bahan polutan organik yang terdegradasi oleh mikroorganisme. Efisiensi BOD yang diharapkan untuk suatu produk adalah 85%-90%. Peleazar dan Chan (2007) menyatakan bahwa setiap proses bioaktivitas dan bioremediasi mikroorganisme memerlukan energi. Energi diperoleh dari bahan organik yang ditunjukkan oleh parameter BOD seperti:

Aerob : Bahan Organik + oksigen ----> CO₂ + H₂O + energi

Anaerob: Bahan Organik + NO₃ ----> CO₂ + H₂ + energi

6) Umur Sludge

$$\text{Umur sludge} = \frac{8.500m^3 \times 2.500}{100(640kg / hari + 1960)} = 8.2hari$$

Umur sludge 8,2 hari, ini menunjukkan jumlah air limbah, padatan terlarut, padatan tersuspensi dan koloidal yang masih berada dalam kolam proses, umur sludge diharapkan 5-10 hari. Menurut Kasmidjo (1996) umur sludge akan berpengaruh terhadap kualitas bahan baku (efluen). Sludge terlalu tua akan berpengaruh terhadap rendahnya pengendapan selanjutnya efisiensi penghilangan polutan rendah, sehingga kualitas efluen menjadi rendah (Murachman, 2005).

GUANA WIDYA SEWAKA NAGARA

7) Produksi bahan baku

Berdasarkan perhitungan diperoleh jumlah bahan baku limbah cair sekitar 16.000 m³/hari dengan volume kolam 8.500 m² , limbah yang masuk 599 mg/l, lumpur aktif 100 mg/l, BOD yang masuk 178 mg/l dan jumlah MLSS 2,800 mg/l. Dari proses teknologi diperoleh bahan baku pupuk



sebesar 640 kg/hari

DAFTAR PUSTAKA

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

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

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

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

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

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

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

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

