

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. *Sludge Drying Bed* (SDB)

Sludge Drying Bed adalah bak pengering lumpur dimana lumpur yang berasal kolam pematangan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dikumpulkan di dalam SDB. Kapasitas instalasi mampu menampung 179,4 Lt/dtk dan SDB mampu menampung 4.000 m³. Limbah cair sebelum masuk ke dalam SDB telah mengalami pengolahan mekanik yang berfungsi untuk meremoval partikel-partikel kasar kemudian didegradasi secara aerobik dan anaerobik pada kolam fakultatif . Sisa dari pengolahan tersebut yang berupa lumpur kemudian ditampung pada SDB.

Pada SDB sudah tidak mengalami pengolahan lanjut dibiarkan hingga mengering dibawah terik matahari sehingga bentuk lumpur menjadi lumpur padat.
(IPAL Sewon Bantul)

2 .2 Kompos dan Pengomposan

Beberapa pengertian kompos dan pengomposan dapat diuraikan dibawah ini:

2.2.1 Pengertian Kompos dan Pengomposan

Kompos adalah bentuk akhir dari bahan-bahan organik setelah mengalami pembusukan, dekomposisi melalui proses biologis yang dapat berlangsung secara aerobik dan anaerobik.

Kompos adalah sejenis pupuk kandang dimana kandungan unsur N, P, dan K tidak terlalu besar sehingga berbeda dengan pupuk buatan. Namun kandungan unsur hara mikro seperti Fe, B, S, Ca, Mg dan lainnya dalam kompos relatif besar.

Pengomposan adalah suatu cara untuk menghancurkan sampah secara biologis menjadi pupuk alami sehingga dapat mengembalikan sampah ke tanah dimana telah didegradasi oleh mikroorganisme pengurai dan hasilnya tidak berbahaya bagi lingkungan.

Pengomposan adalah dekomposisi dan stabilisasi *substrat* organik dalam kondisi yang diikuti kenaikan suhu *termofilik* sebagai akibat dari panas yang dihasilkan, dengan hasil akhir yang cukup stabil untuk penyimpanan dan pemakaian pada tanah tanpa memberi efek merugikan pada lingkungan.

(Djuarnani, 2004)

2.2.2. Fungsi Kompos

Kompos mempunyai beberapa fungsi penting terutama dalam bidang pertanian namun secara umum kompos sangat bermanfaat sebagai *soil conditioner* dengan adanya kandungan bahan organik yang tinggi, karena sifat kestabilannya maka bahan organik dalam kompos akan terdegradasi secara perlahan dan tertahan secara efektif untuk waktu yang lebih lama dibandingkan bahan organik dari limbah yang belum dikomposkan. Kandungan makro dan mikro nutrisi yang berasal dari *wastewater sludge* sangat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman, baik perkebunan, pertanian maupun hortikultura & *hobbies*. Disamping itu produk kompos juga akan meningkatkan kualitas tanah yang berpasir, tanah liat maupun kondisi tanah yang

telah jenuh (*more balance soils*). Sedangkan dari sisi mikroianya, aplikasi kompos sangat bermanfaat untuk reklamasi dari tanah yang telah kehilangan atau rusak *top soilnya*, seperti akibat *cutting-filling* pada pembukaan lahan untuk industri dan *real-estate*, akibat aktivitas pertambangan terbuka atau pada tanah yang sebelumnya terlalu banyak menggunakan pupuk kimia karena akan meningkatkan populasi mikroba tanah yang berfungsi untuk penyediaan nutrisi yang siap diserap oleh akar tanaman.

Manfaat lain dari pengomposan adalah mengurangi pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan erat hubungannya dengan sampah karena sampah merupakan sumber pencemaran. Permasalahan sampah timbul karena tidak seimbangnya produksi sampah dengan pengolahannya dan semakin menurun daya dukung alam sebagai tempat pembuangan sampah. Salah satu alternatif pengolahan sampah adalah memilih sampah organik dan memprosesnya menjadi kompos atau pupuk hijau. Namun, proses pengomposan ini juga terkadang masih bermasalah. Selama proses pengomposan, bau busuk akan keluar dari kompos yang belum jadi. Meskipun demikian pembuatan kompos akan lebih baik dan berguna bagi tanaman.

2.2.3. Prinsip Pengomposan

Nilai C/N tanah sekitar 10-12 apabila bahan organik mempunyai kandungan C/N mendekati tanah maka bahan tersebut dapat digunakan atau diserap oleh tanaman. Prinsip pengomposan adalah menurunkan C/N rasio bahan organik dengan demikian semakin tinggi C/N bahan maka proses pengomposan akan semakin lama. Faktor-faktor yang menyebabkannya adalah :

1. Rasio C/N

C (karbon) merupakan sumber energi bagi mikroorganisme, sedangkan N (nitrogen) digunakan untuk membangun sel sel tubuh bagi mikroorganisme. Jika rasio C/N terlalu tinggi dekomposisi berjalan lambat. Jika rasio C/N rendah meskipun pada awalnya terjadi dekomposisi yang sangat cepat, tetapi berikutnya kecepatannya akan menurun karena kekurangan karbon sebagai sumber energi dan nitrogen akan hilang melalui penguapan ammonia. Dalam melakukan dekomposisi bahan organik mikroorganisme memerlukan sejumlah nitrogen dan karbon untuk pertumbuhannya, jumlah optimal nitrogen yang dibutuhkan mikroorganisme bervariasi sesuai dengan jenis *substrat* dan mikroorganisme itu sendiri. Besarnya perbandingan C/N optimum untuk pengomposan adalah 22-35, sedangkan rasio C/N yang disarankan pada awal pengomposan adalah 20-40.

2. Ukuran Bahan

Ukuran bahan yang baik adalah 2,5-5 cm, sedangkan untuk bahan yang keras sebaiknya dicacah dengan ukuran 2,5-7,5 cm. Ukuran bahan sangat menentukan ukuran dan volume pori-pori dalam bahan jika ukuran partikel bertambah kecil, maka pori-pori semakin kecil. Pori-pori yang kecil dapat menghambat pergerakan udara yang biasanya merupakan masalah dalam proses pengomposan. Ukuran partikel yang semakin kecil menyebabkan luas permukaan bahan makin luas sehingga makin luas pula permukaan yang terbuka terhadap aktivitas mikroorganisme.

3. Tinggi Tumpukan

Dalam tumpukan mikroorganisme melakukan aktivitas yang menimbulkan energi dalam bentuk panas. Sebagian panas akan tersimpan dalam tumpukan dan sebagian lainnya digunakan untuk proses penguapan atau terlepas ke lingkungan sekitar. Semakin besar tumpukan, semakin tinggi daya isolasinya sehingga panas yang dihasilkan dalam tumpukan semakin sulit terlepas dan suhu tumpukan menjadi lebih panas. Tumpukan bahan yang terlalu rendah akan membuat bahan lebih cepat kehilangan panas sehingga temperatur yang tinggi tidak bisa dicapai. Selain itu, mikroorganisme patogen tidak akan mati dan proses dekomposisi oleh mikroorganisme *termofilik* tidak akan tercapai. Ketinggian tumpukan yang baik dari berbagai jenis bahan adalah 1–1,2 m, dan tinggi maksimum 1,5–1,8 m.

4. Komposisi Bahan

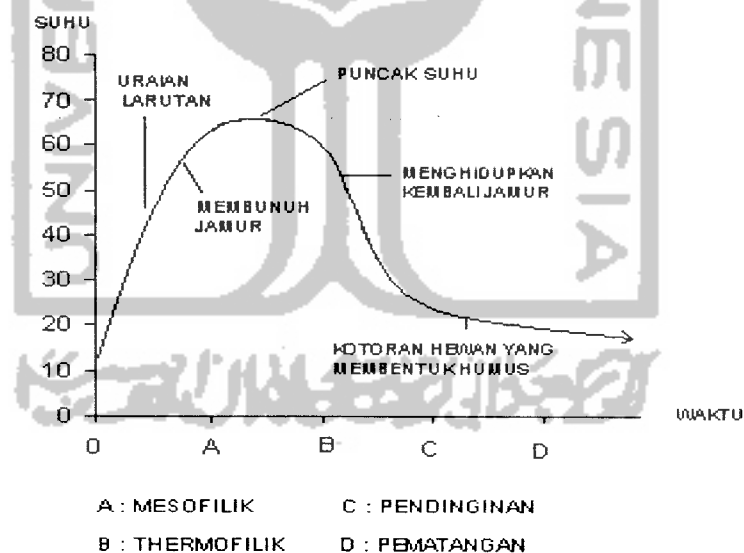
Seringkali untuk mempercepat dekomposisi ditambahkan kompos yang sudah jadi atau kotoran hewan sebagai aktivitas, ada juga yang menambahkan bahan makanan dan zat pertumbuhan yang dibutuhkan mikroorganisme sehingga selain dari bahan organik mikroorganisme juga mendapatkan bahan tersebut dari luar.

5. Jasad-Jasad Pembusuk

Proses pengomposan tergantung pada berbagai jasad renik. Berdasarkan kondisi habitatnya (terutama suhu), jasad renik terdiri dari 2 golongan yaitu *mesofilia* dan *thermofilia*, masing-masing jenis membentuk koloni atau habitatnya sendiri. Jasad renik golongan *mesofilia* hidup pada suhu 10°-45°C,

contoh mikroorganisme tersebut adalah jamur-jamuran, *actinomyces*, cacing tanah, cacing kremi, keong kecil, lipan, semut, dan kumbang tanah. Jasad renik *thermofilia* hidup pada suhu 45°-65° C, contohnya cacing pita (hematoda), *protozoa* (binatang bersel satu), *rotifera*, kutu jamur dan sebagainya.

Dilihat dari fungsinya, mikroorganisme *mesofilik* berfungsi untuk memperkecil ukuran partikel bahan organik sehingga luas permukaan bahan bertambah dan mempercepat proses pengomposan. Sementara itu, bakteri *termofilik* yang tumbuh dalam waktu terbatas berfungsi untuk mengkonsumsi karbohidrat dan protein sehingga bahan kompos dapat terdegradasi dengan cepat. Perubahan tiap fase dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Fase Mesofilik, Termofilik, Pendinginan hingga Tahap Pematangan

Berdasarkan Suhu.

6. Kelembaban dan Oksigen

Kelembaban yang ideal antara 40 %-60 % dengan tingkat yang terbaik adalah 50%, kisaran ini harus dipertahankan untuk memperoleh jumlah populasi jasad renik yang terbesar. Karena semakin besar jumlah populasi jasad pembusuk, berarti semakin cepat proses pembusukan.

Jika tumpukan terlalu lembab maka proses pengomposan akan terhambat. Kelebihan akan menutupi rongga udara didalam tumpukan, sehingga akan membatasi kadar oksigen dalam tumpukan tersebut. Kekurangan udara akan membatasi kadar oksigen dalam tumpukan tersebut. Kekurangan udara akan menyebabkan jasad renik mati dan sebaliknya merangsang berkembangbiaknya jasad pembusuk yang anaerobik. Sebaliknya jika bahan organik tersebut terlalu kering maka proses pengomposan akan terganggu. Jasad renik membutuhkan air sebagai habitatnya , sehingga kurangnya kadar air dalam tumpukan akan membatasi ruang hidup jasad renik tersebut. Kadar air antara 50%-79% dan rata rata 60% sangat cocok untuk proses pengomposan harus dijaga selama periode reaksi aktif, yaitu fase *mesofilik* dan *termofilik*.

Menurut Agus Supriyanto (2001) *Dewatered wastewater sludge* umumnya masih terlalu basah untuk mencapai kondisi optimum pengomposan. Untuk menurunkannya, umumnya digunakan campuran bahan lain seperti sisa kulit buah-buahan atau bahan organik lain yang relatif kering. Pendekatan yang paling praktis-ekonomis dari setiap lokasi harus didasarkan pada beberapa faktor, yaitu:

- Perhitungan kesetimbangan massa yang masih memungkinkan terjadinya proses pengomposan berlangsung secara optimum dan efisien
- Kemudahan operasional dan tenaga kerja,
- Periode waktu yang dibutuhkan
- Luas lahan yang dibutuhkan
- Kondisi dan faktor lingkungan secara keseluruhan

Persyaratan konsentrasi optimum dari oksigen didalam massa kompos antara 5–15 % volume. Peningkatan kandungan oksigen melewati 15 %, misalnya akibat pengaliran udara yang terlalu cepat atau terlalu sering dibalik akan menurunkan temperatur dari sistem. Setidaknya diperlukan kandungan Oksigen > 5 % untuk menjaga kestabilan kondisi aerobik, meskipun pada kondisi konsentrasi oksigen di dalam tumpukan yang hanya ~ 0.5 % tidak didapati adanya kondisi anaerobik.

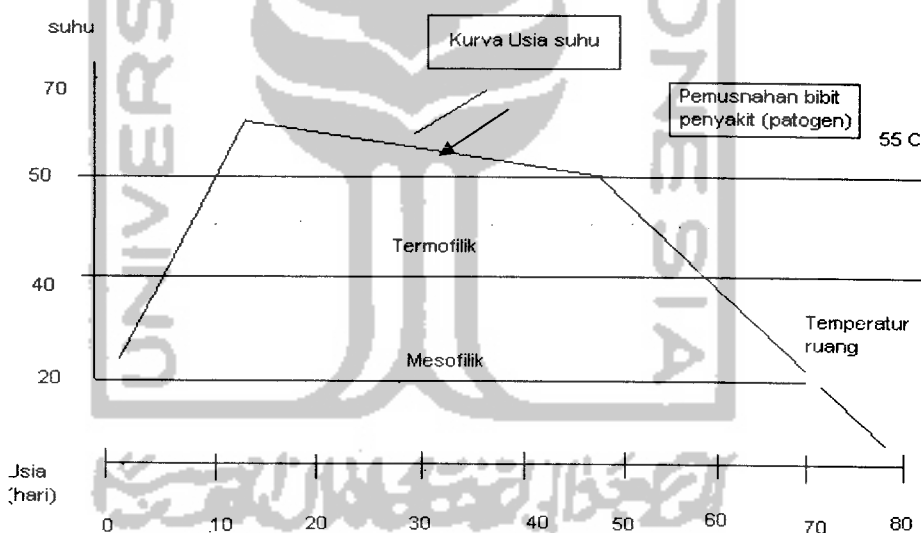
7. Suhu

Untuk tumpukan kisaran suhu ideal adalah 55° - 65° , tetapi harus $< 80^{\circ}$ dengan suhu minimum 45° selama proses pengomposan. Kondisi temperatur tersebut juga diperlukan untuk proses inaktivasi dari bakteri patogen di dalam *sludge* (jika ada). *Moisture content*, kecepatan aerasi, ukuran dan bentuk tumpukan, kondisi lingkungan sekitar dan kandungan nutrisi sangat mempengaruhi distribusi temperatur dalam tumpukan kompos. Sebagai contoh, kecenderungan temperatur akan lebih rendah jika kondisi kelembaban

berlebih karena panas yang dihasilkan akan digunakan untuk proses penguapan. Sebaliknya kondisi kelembaban yang rendah akan menurunkan aktivitas mikroba dan menurunkan kecepatan pembentukan panas.

(Supriyanto, 2001).

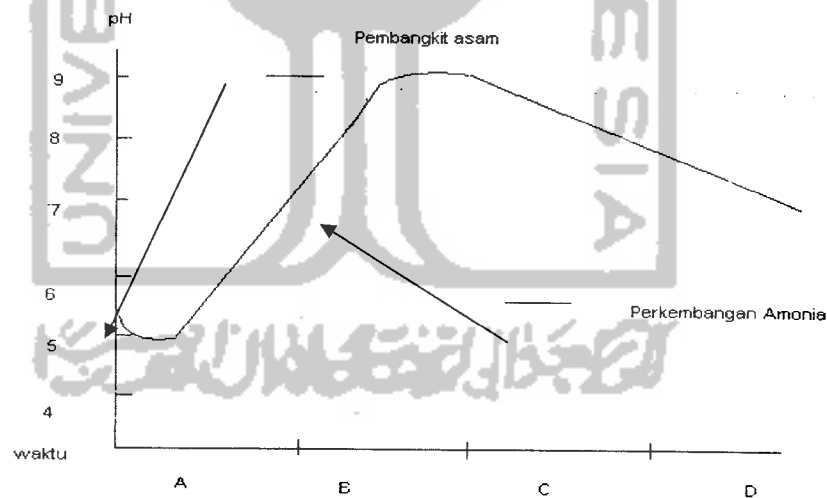
Mikroorganisme belum dapat bekerja dalam temperatur rendah atau dalam keadaan dominan. Untuk menjaga temperatur dalam proses pengomposan agar tetap optimal sering dilakukan pembalikan. Usia suhu berbagai jasad renik dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Kurva Usia Suhu berbagai jasad renik

8. Derajat Keasaman (pH)

Kondisi pH optimum untuk pertumbuhan bakteri pada umumnya adalah antara 6.0–7.5 dan 5.5–8.0 untuk fungi. Selama proses dan dalam tumpukan umumnya kondisi pH bervariasi dan akan terkontrol dengan sendirinya. Kondisi pH awal yang relatif tinggi, misalnya akibat penggunaan CaO pada *sludge*, akan melarutkan Nitrogen dalam kompos dan selanjutnya akan diemisikan sebagai amoniak. Tidaklah mudah untuk mengatur kondisi pH dalam tumpukan massa kompos untuk pencapaian pertumbuhan biologis yang optimum, dan untuk itu juga belum ditemukan kontrol operasional yang efektif. (Supriyanto, 2001). Perubahan pH dalam proses pengomposan ditunjukkan pada Gambar 2.3.



A : MESOFILIK

B : TERMOFILIK

C : PENDINGINAN

D : PEMATANGAN

Gambar 2.3. Kurva Perubahan pH dalam Proses Pengomposan

Ringkasan nilai optimum dari faktor proses dalam pengomposan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter pembuatan pupuk kompos optimum

Parameter	Nilai
Rasio C/N	25/1 sampai 35/1
Ukuran Partikel	10 mm untuk sistem teragitasi dan aerasi buatan 50 mm untuk tumpukan panjang dan aerasi
Kadar air	50 % sampai 60 %
Aliran udara	0,6 sampai 1,8 m ³ udara/hari/kg benda padat mudah menguap pada tahap termofilik, atau oksigen 10% sampai 18 %
Suhu	55 ⁰ sampai 60 ⁰ C/3 hari
Kendali pH	Biasanya tidak perlu
Ukuran Reaktor	Panjang berapa saja, tinggi 1 m, dan lebar 2 m untuk tumpukan dengan aerasi alami, dengan aerasi buatan, ukuran tumpukan tergantung pada kebutuhan tergantung pada kebutuhan akan pencegahan pemanasan yang berlebihan

(Sumber :CPIS, 1992)

Pada Tabel 2.2 dapat dilihat komposisi dari bahan-bahan yang dapat dikomposisikan dengan rasio C/N dari masing-masing bahan.

Tabel 2.2 Perbandingan kandungan karbon dan nitrogen berbagai bahan organik (C/N).

Jenis Bahan	Rasio C/N
Kotoran manusia : - dibiarkan	6 : 1
- dihancurkan	16 : 1
Humus	10 : 1
Sisa dapur/makanan	15 : 1
Rumput - rumputan	19 : 1
Kotoran sapi	20 : 1
Kotoran kuda	25 : 1
Sisa buah buahan	35 : 1
Perdu/semak	40 – 80 : 1
Batang jagung	60 : 1
Jerami	80 : 1
Kulit batang pohon	100 – 130 : 1
Kertas	170 : 1
Serbuk gergaji	500 : 1
kayu	700 : 1

(Sumber : CPIS, 1992)

2.2.4. Proses Pengomposan (Supriyanto. 2001)

Pemahaman dasar pada proses pengomposan dapat membantu meningkatkan hasil kompos yang berkualitas tinggi, mencegah beberapa masalah yang biasanya terjadi, mikroorganismen dalam kompos, pemenuhan udara, air, makan yang cocok dan suhu dapat menciptakan pengomposan yang baik. Pengomposan adalah proses

aerobik, yang berarti itu bisa terjadi dengan adanya oksigen. Oksigen dapat disediakan dengan 2 (dua) jalan, yakni :

1. Dengan membalik tumpukan kompos.
2. Dengan aerasi buatan, yaitu dengan membuat pipa udara yang masuk kedalam tumpukan kompos.

Proses pengomposan dapat diklasifikasikan dalam 2 sistem, yaitu:

- Sistem terbuka (*Unconfined process*)
- Sistem tertutup (*Confined processes*)

Sistem terbuka bukanlah tidak tertutup sama sekali tetapi masih memerlukan atap untuk perlindungan terhadap hujan. Pada sistem terbuka umumnya digunakan peralatan/ mesin yang *portable* untuk proses pencampuran dan pengadukan/ pembalikan. Sedangkan pada sistem tertutup digunakan fasilitas kontainer atau reaktor tertutup.

Meskipun setiap teknik pengomposan mempunyai ciri tersendiri, tetapi proses dasarnya serupa. Tahap dasar proses pengomposan adalah sebagai berikut:

- ❖ Jika diperlukan, ditambahkan *bulking agent* sebagai fungsi pengatur / pengontrol porositas dan kelembaban, atau
- ❖ Penambahan bahan organik lain sebagai sumber nutrisi, umumnya sumber senyawa karbon (contohnya serbuk gergaji, jerami, sekam dan kulit padi dll.) yang dicampurkan ke *wastewater sludge* untuk mendapatkan campuran yang sesuai bagi kelangsungan proses pengomposan. Campuran tersebut harus

cukup berpori, stabil secara struktural dan proses pengomposan dapat berlangsung dengan sendirinya.

- ❖ Temperatur dapat mencapai 45-65 °C sehingga bakteri pathogen akan mati, disamping itu juga untuk mendorong proses penguapan sehingga kandungan air dari produk akhir akan menurun.
- ❖ Kompos disimpan selama beberapa waktu kemudian untuk stabilisasi pada temperatur rendah, mendekati temperatur sekeliling.
- ❖ Jika diperlukan, pengaliran udara kering pada kompos yang terlalu basah untuk kemudahan transportasi dan aplikasi selanjutnya.
- ❖ Pemisahan *bulking agent*, jika pada awalnya digunakan dan akan didaur-ulang.

2.2.4.1 Proses pengomposan sistem terbuka

Sistem terbuka, proses *windrow* dan *aerated static pile*, banyak dilakukan di USA. Tahapan dasar dari kedua proses adalah serupa, hanya teknologi prosesnya yang berbeda. Pada metoda *windrow*, kontak oksigen dengan tumpukan kompos berlangsung secara konveksi alami dengan pembalikan; sedangkan pada *static pile aerasi* dilakukan dengan pengaliran udara.

2.2.4.2 Proses *windrow*

Umumnya dilakukan pada kondisi terbuka sehingga cukup ventilasi dengan melakukan pengadukan/ pembalikan tumpukan massa kompos untuk menjaga kondisi aerobik. Pada area dengan curah hujan tinggi dibutuhkan penutup. Pada

proses ini campuran yang akan dikomposkan ditumpuk memanjang berbaris secara paralel. Penampang melintangnya dapat berbentuk trapesium ataupun segitiga, tergantung dari peralatan dan cara yang akan digunakan untuk pencampuran dan pembalikan. Lebar dasar pada umumnya ~ 5 m dan ketinggian di tengah ~ 1–2 m.

Sistem windrow dapat digunakan untuk pengomposan *sludge cake* yang masih basah dengan mencampurkan bahan organik lain dan/atau *bulking agent* seperti serbuk gergaji, jerami/sekam padi, kulit padi. Penambahan tersebut dapat diatur untuk mencapai kondisi campuran dengan *moisture content* ~ 50 – 60 %. Penggunaan bahan tambahan tersebut juga akan meningkatkan integritas struktural dari campuran untuk menjaga bentuk *windrow*. Porositas campuran juga meningkat yang berarti meningkatkan karakteristik aerasi. Disamping itu, material tambahan tersebut juga berfungsi sebagai sumber karbon yang diperlukan untuk proses pengomposan. C/N ratio dari *wastewater sludge* yang relatif rendah, < 10; dapat ditingkatkan mencapai 20–30 dalam campuran.

Perencanaan sistem *windrow* yang optimum adalah sbb:

- ◆ Minimisasi *handling* dan biaya
- ◆ Maksimalisasi penggunaan peralatan operasional
- ◆ Minimisasi penggunaan bahan tambahan lain yang menambah beban biaya dan tidak dapat didaur ulang
- ◆ Minimisasi *moisture content* dari *wastewater sludge* untuk minimisasi penggunaan *recycled compost* dan juga mengurangi bahan tambahan lain yang

dibutuhkan untuk mengatur *moisture content* dalam sistem. Harus diperhatikan bahwa biaya untuk maksimalisasi proses *dewatering* harus tidak lebih besar dibandingkan biaya yang dapat dihemat dari fasilitas pengomposan.

2.2.4.3. Proses *Aerated static pile*

Sistem ini dikembangkan dalam rangka mengeliminasi masalah kebutuhan lahan dan masalah sulit lain pada sistem *windrow*. Tahapan proses ini adalah sbb:

- Pencampuran *wastewater sludge* dengan *bulking agent*
- Pembentukan tumpukan massa kompos
- Proses pengomposan
- Pengayakan dan pemisahan campuran kompos
- *Curing* dan *Storage* (penyimpanan).

Penggunaan/pengaliran udara tekan memberikan kemudahan operasional dan ketepatan pengaturan kandungan oksigen dan kondisi temperatur di dalam tumpukan, yang tidak akan dijumpai pada sistem *windrow*. Dalam hal ini porositas sangat berperan dan diatur dengan penggunaan *bulking agent* yang akan didaur-ulang setelah proses pengomposan sempurna. Meskipun porositas memegang peranan pada proses pengomposan sistem *aerated pile*, pengaturan *moisture content* juga tetap masih memegang peranan, yaitu antara 50–60 %. Dengan kondisi yang lebih terkendali tersebut maka waktu pengomposan relatif lebih cepat dan kemungkinan kondisi anaerobik juga dapat dicegah, sehingga masalah resiko bau dapat dikurangi.

Sistem *aerated pile* banyak diaplikasikan secara efektif pada skala besar di beberapa lokasi di USA. Setelah tahap *start-up*, temperatur rata-rata dapat mencapai 70 °C dan setelah kondisi stabil tercapai temperatur minimum rata-rata mencapai ~ 55 °C. Pada konstruksi penumpukan yang benar, baik curah hujan maupun kondisi temperatur lingkungan tidaklah berpengaruh terhadap operasional pengomposan. Dewasa ini pengomposan *wastewater sludge* umumnya terfokus pada sistem ini. Aplikasi untuk pengolahan *undigested sludge* memberikan keuntungan yang nyata dibanding sistem *windrow*.

Keuntungan – keuntungan lain adalah:

- ◆ Mengatasi masalah bau dengan lebih baik.
- ◆ Proses inaktivasi bakteri patogen lebih efektif.
- ◆ Keseragaman pemaparan temperatur terhadap seluruh *sludge* lebih terjamin.
- ◆ Penggunaan lahan lebih sedikit.
- ◆ Total biaya relatif lebih murah. Pada operasional yang modern, biaya investasi juga relatif lebih rendah meskipun biaya dari *bulking agent* menjadikan total biaya operasionalnya menjadi sedikit lebih mahal.

2.2.4.4 Proses pengomposan sistem tertutup

Mekanisasi proses pengomposan berlangsung dalam sistem atau kontainer/ reaktor tertutup. Sistem ini dirancang untuk mengatasi masalah bau dan mempercepat waktu proses dengan pengaturan kondisi lingkungan, seperti : aliran udara, temperatur dan konsentrasi oksigen. Sistem tertutup ini membutuhkan biaya investasi

yang jauh lebih mahal dibandingkan sistem terbuka. Hanya beberapa tempat saja di USA yang mengoperasikan sistem ini, terutama untuk pengomposan campuran sampah dengan *wastewater sludge*.

(Supriyanto. 2001)

2.2.5 Waktu Pembalikan

Dilakukan pembalikan pada keadaan :

1. Suhu tumpukan diatas 65° C, pembalikan dilakukan untuk mencegah panas dan pengeluaran H_2O dan CO_2 yang berlebihan.
2. Suhu tumpukan dibawah 45° C pada tumpukan berusia 1–30 hari, suhu dibawah optimum (kurang dari 45° C) menunjukkan bahwa kegiatan jasad renik tidak terjadi secara optimum, hal ini disebabkan oleh kekurangan oksigen , terlalu basah atau terlalu kering. Usia tumpukan lebih dari 30 hari, suhu dibawah 45° C berarti kompos telah matang.
3. Tumpukan terlalu basah, pembalikan dilakukan untuk mempercepat penguapan air dari tumpukan.
4. Tumpukan terlalu padat, kepadatan akan membatasi rongga udara, oksigen terlalu sedikit atau tanpa oksigen akan menyebabkan pembusukan terjadi secara anaerobik.

2.2.6. Persyaratan Kompos

2.2.6.1. Kematangan Kompos

Karakteristik kompos yang telah selesai mengalami proses dekomposisi adalah sebagai berikut:

1. Penurunan temperatur diakhir proses.
2. Penurunan kandungan organik kompos, kandungan air, dan rasio C/N.
3. Berwarna coklat tua sampai kehitam hitaman.
4. Berkurangnya pertumbuhan larva dan serangga diakhir proses.
5. Hilangnya bau busuk.
6. Adanya warna putih atau abu abu, karena pertumbuhan mikroba.
7. Memiliki temperatur yang hampir sama dengan temperatur udara.
8. Tidak mengandung asam lemak yang menguap. (Djuarnani, 2004)

Kematangan kompos ditunjukkan oleh hal-hal berikut : (SNI 19-7030-2004)

- 1) C/N - rasio mempunyai nilai (10-20) : 1
- 2) Suhu sesuai dengan dengan suhu air tanah.
- 3) Berwarna kehitaman dan tekstur seperti tanah.
- 4) Berbau tanah.

2.2.6.2. Tidak mengandung bahan asing

Tidak mengandung bahan asing seperti berikut :

- a. Semua bahan pengotor organik atau anorganik seperti logam, gelas, plastik dan karet.
- b. Pencemar lingkungan seperti senyawa logam berat, B3 dan kimia organik seperti pestisida .

2.2.6.3. Unsur mikro

Unsur mikro nilai-nilai ini dikeluarkan berdasarkan:

- 1) Konsentrasi unsur-unsur mikro yang penting untuk pertumbuhan tanaman (khususnya Cu, Mo, Zn).
- 2) Logam berat yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan tergantung pada konsentrasi maksimum yang diperbolehkan dalam tanah.

2.2.6.4. Organisme patogen

Organisme pathogen tidak melampaui batas berikut :

- 1) *Fecal Coli* 1000 MPN/gr total solid dalam keadaan kering.
- 2) *Salmonella* sp. 3 MPN / 4 gr total solid dalam keadaan kering.

Hal tersebut dapat dicapai dengan menjaga kondisi operasi pengomposan pada temperatur 55 °C.

2.2.6.5. Pencemar organik

Kompos yang dibuat tidak mengandung bahan aktif pestisida yang dilarang sesuai dengan KEPMEN PERTANIAN No 434.1/KPTS/TP.270/7/2001 tentang Syarat dan Tata Cara Pendaftaran Pestisida pada Pasal 6 mengenai Jenis-jenis Pestisida yang mengandung bahan aktif yang telah dilarang.

2.2.7. Kotoran Sapi

Kotoran sapi atau tinja adalah salah satu limbah ternak yang cukup potensial dan memiliki keunggulan tersendiri. Selain dapat menyediakan unsur hara bagi

tanaman, juga dapat mengembangkan kehidupan mikroorganisme yang dapat mempercepat proses pengomposan. Jenis mikroba yang terdapat dalam kotoran sapi adalah cendawan jamur golongan *mesofilik* dan *termofilik* serta *actinomicetes*.

(Lawira, 2000)

Kotoran sapi ada dua (2) macam

1. Kotoran sapi kering

Penggunaan kotoran sapi kering dapat mengurangi pengaruh kenaikan temperatur selama proses dekomposisi dan terjadinya kekurangan nitrogen yang diperlukan tanaman. Kotoran sapi kering mempunyai kandungan nitrogen sebesar 2,41 %. (Sutanto, 2002)

2. Kotoran sapi cair

Kotoran sapi cair juga baik sebagai sumber hara tanaman. Faeces sapi merupakan faeces yang banyak mengandung air dan lendir. Pada faeces padat bila terpengaruh oleh udara terjadi pergerakan-pergerakan sehingga keadaan menjadi keras, dalam keadaan demikian peranan jasad renik untuk mengubah bahan-bahan yang terkandung dalam faeces menjadi zat-zat hara yang tersedia dalam tanah untuk mencukupi keperluan pertumbuhan tanaman mengalami hambatan-hambatan, perubahan secara perlahan-lahan. (Sutejo, 2002)

2.2.8 Serbuk Gergaji

Di Indonesia ada tiga macam industri kayu yang secara dominan mengkonsumsi kayu dalam jumlah relatif besar, yaitu: penggergajian, vinir/kayu

lapis, dan pulp/kertas. Sebegitu jauh limbah biomassa dari industri tersebut telah dimanfaatkan kembali dalam proses pengolahannya sebagai bahan bakar guna melengkapi kebutuhan energi industri vinir/kayu lapis dan pulp/kertas. Yang menimbulkan masalah adalah limbah penggergajian yang kenyataannya di lapangan masih ada yang di tumpuk sebagian dibuang ke aliran sungai yang menyebabkan pencemaran air, atau dibakar secara langsung sehingga ikut menambah emisi karbon di atmosfer. (Pari, 2002)

Serbuk gergaji merupakan salah satu jenis limbah industri pengolahan kayu gergajian. Alternatif pemanfaatan dapat dijadikan kompos untuk pupuk tanaman. Hasil penelitian Komarayati (1996) menunjukkan bahwa pembuatan kompos serbuk gergaji kayu tusam (*Pinus merkusii*) dan serbuk gergaji kayu karet (*Hevea brasiliensis*) dengan menggunakan aktivator EM4 dan pupuk kandang menghasilkan kompos dengan nisbah C/N 19,94 dan rendemen 85 % dalam waktu 4 bulan. Selain itu Pasaribu (1987) juga memanfaatkan serbuk gergaji sengon (*Paraserianthes falcataria*) sebagai bahan baku untuk kompos. Kompos yang dihasilkan mempunyai nisbah C/N 46,91 dengan rendemen 90 % dalam waktu 35 hari. Hasil penelitian pemberian kompos serbuk dan sarasah pohon karet dapat meningkatkan pertumbuhan *Eucalyptus urophylla* 40-50 % dalam waktu 5 bulan dibanding tanpa pemberian kompos.

Pemberian serbuk gergaji dapat mempengaruhi sifat tanah yaitu :

1. Meningkatkan kematangan agregat dan meningkatkan jumlah agregat yang mempunyai diameter lebih dari 3 mm.
2. Menurunkan berat isi tanah.

3. Meningkatkan kapasitas menahan air tanah.
4. Meningkatkan KTK (kapasitas tukar kation tanah) dan meningkatkan ion yang dapat ditukar terutama K dan Ca.
5. Meningkatkan tersedianya N, P, dan Si tanah.
6. Meningkatkan pH tanah.

Untuk komposisi karbon dan nitrogen pada beberapa bahan organik dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3. Komposisi karbon (C) dan nitrogen (N) pada beberapa bahan organik.

Jenis bahan	Rasio C/N (g/g)	Kadar air (%)	Jumlah C (%)	Jumlah N (%)
Potongan kertas	20	85	6	0.3
Gulma	19	85	6	0.3
Daun	60	40	24	0.4
Kertas	170	10	36	0.2
Limbah buah buahan	35	80	8	0.2
Limbah makanan	15	80	8	0.5
Serbuk gergaji	450	15	34	0.08
Kotoran ayam	7	20	30	4.3
Sekam alas	10	30	25	2.5
Kandang ayam	-			
Jerami padi	100	10	36	0.4

Kotoran sapi	12	50	20	1.7
Urin manusia	-	-	-	0.9(/100 ml)

(Djuarnani, 2004)

2.2.9. Lumpur Limbah (*Wastewater Sludge*)

Secara umum dapat dikatakan bahwa *wastewater sludge* merupakan mikroorganisme yang bekerja untuk mengurai komponen organik dalam sistem pengolahan air limbah. *Sludge* akan selalu diproduksi sebagai hasil dari pertumbuhan bakteri/ mikroorganisme pengurai selama proses berlangsung. Jumlah *sludge* akan selalu meningkat sejalan dengan peningkatan beban cemaran yang terolah. Secara biologi, mikroorganisme tersebut terdiri dari group *procaryotic* dan group *eucaryotic*. Tetapi karakteristik di lapangan untuk *wastewater sludge* sangat bervariasi tergantung jenis industri, tambahan bahan kimia selama proses pengolahan dan sistem *dewatering* dari *sludge*. Umumnya *solid content* dalam *dewatered sludge* ~ 20 – 40 % atau kandungan air ~ 60 – 80 % dan VSS (*Volatile suspended solid*) ~ 60 – 90 %. Sedangkan C/N ratio dengan basis biodegradable C ~ 6 – 15 %.

(Supriyanto, 2001)

2.2.10. Kriteria Kompos (Murbandono, H.S, 2001)

Kriteria untuk kualitas kompos sebagai berikut :

1. Kandungan material organik

Kompos harus kaya dengan material organik. Materi organik berfungsi memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan erosi.

2. Kelembaban

Kelembaban kompos tidak boleh terlalu tinggi, kelembaban yang dianjurkan untuk kompos 25 %.

3. Derajat Keasaman (pH)

Untuk pertumbuhan tanaman, derajat keasaman yang ideal berkisar antara 6-8.

4. Rasio C/N (10-20):1

Salah satu syarat mutu kompos adalah untuk perlindungan rasio karbon : nitrogen kurang dari 20:1, sedangkan rasio antara 15:1 sampai 30:1 dimasukkan sebagai batasan untuk menentukan kematangan kompos.

5. Kandungan mineral

Jumlah ideal kandungan mineral dalam kompos adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Kandungan mineral dalam kompos

Nutrien	Kandungan minimum (%)
N	0,6
P ₂ O ₅	0,5

K ₂ O	0,3
CaO	2,0
CaCO ₃	3,0
MgO	0,3

6. Kadar Garam

Bila kadar garam tinggi akan merusak tanaman. Kadar garam ideal tidak boleh lebih dari 2 g/L gram NaCl.

7. Logam berat

Beberapa logam berat diperlukan oleh tanama untuk pertumbuhan, walaupun dalam jumlah relatif kecil, atau disebut juga mikro nutrien. Tabel berikut menunjukkan batas maksimum logam berat yang diperbolehkan :

Tabel 2.5 Konsentrasi logam berat dalam kompos

Logam berat	Konsentrasi maksimal (mg/kg)
Zn (Seng)	1500
Pb (Timah)	1000
Cu (Tembaga)	500
Cr (Crom)	200
Ni (Nikel)	100
Hg (Merkuri)	5
Cd (Kadmium)	5

2.2.11. Pengaruh Kompos Terhadap Tanaman

Kompos merupakan hasil pelapukan bahan-bahan organik yang dapat memperbaiki struktur tanah serta meningkatkan pertumbuhan dan resistensi tanaman.

Unsur hara yang terdapat pada kompos ini adalah N, P, K Adapun pengaruh unsur hara tersebut pertumbuhan tanaman adalah sebagai berikut :

2.2.11.1. Pengaruh Nitrogen (N) terhadap tanaman

Pengaruh Nitrogen Terhadap tanaman adalah sebagai berikut :

1. Untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman.
2. Untuk menyehatkan pertumbuhan daun, daun tanaman lebar dengan warna yang lebih hijau, kekurangan N menyebabkan *Khlorosis* (pada daun muda berwarna kuning).
3. Meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman.
4. Meningkatkan kualitas tanaman penghasil daun.

2.2.11.2 Pengaruh Posfor (P) terhadap tanaman

Pengaruh Posfor terhadap tanaman adalah sebagai berikut :

1. Dapat mempercepat pertumbuhan akar semai.
2. dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa.
3. Dapat mempercepat penguangan dan pemasakan buah, biji atau gabah.
4. Dapat meningkatkan produksi biji-bijian.

2.2.11.3 Pengaruh kalium (K) terhadap tanaman

Pengaruh Kalium terhadap tanaman adalah sebagai berikut :

1. Pembentukan protein dan karbohidrat.
2. Meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit.
3. Meningkatkan kualitas biji (buah).

2.3 Hipotesa

Hipotesa merupakan dugaan terhadap hasil penelitian, adapun hipotesa dari penelitian ini adalah :

- Variasi campuran bahan organik untuk kompos dengan komposisi kotoran sapi yang besar menghasilkan kompos yang kandungan N, P, dan K tinggi (Setyawati, 2004).
- Penelitian ini menggunakan skala laboratorium, tinggi tumpukan pada reaktor kompos adalah 45 cm sehingga suhu ideal untuk pengomposan tidak dapat dicapai karena tinggi tumpukan yang ideal untuk pengomposan adalah > 1 m .
- Kompos ini dapat matang dalam 35 hari karena menurut penelitian Pasaribu (1987) yang memanfaatkan serbuk gergaji sengon (*Paraserianthes falcataria*) sebagai bahan baku untuk kompos, kompos tersebut matang dalam 35 hari.