II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Karakter *Sludge* Limbah Organik Saus

Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan sistem biakan tersuspensi telah digunakan secara luas diseluruh dunia untuk pengolahan air limbah. Proses ini secara prinsip merupakan proses aerobik dimana senyawa organik dioksidasi menjadi CO_2, H_2O, NH_4, dan sel biomassa baru. Suplai oksigen biasanya dengan menghembuskan udara secara mekanik. Sistem pengolahan air limbah dengan biakan tersuspensi yang paling umum dan telah digunakan secara luas yakni proses pengolahan dengan sistem lumpur aktif *(activated sludge process)* (Asmadi dan Suharno, 2012).

Sejak sistem lumpur aktif diciptakan pertama kali oleh Arden dan Locket (1914), berbagai modifikasi sistem lumpur aktif telah dikembangkan. Namun pada dasarnya mempunyai dua konsep dasar yaitu *biochemical stage* pada tangki aerasi dan *physical stage* pada tangki pengendap. Isi dalam bak aerasi pada proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai *mixed liquour suspended solids* (MLSS), yang merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganisme serta padatan tersuspensi lainnya. MLSS adalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk didalamnya adalah mikroorganisme (Asmadi dan Suharno, 2012).

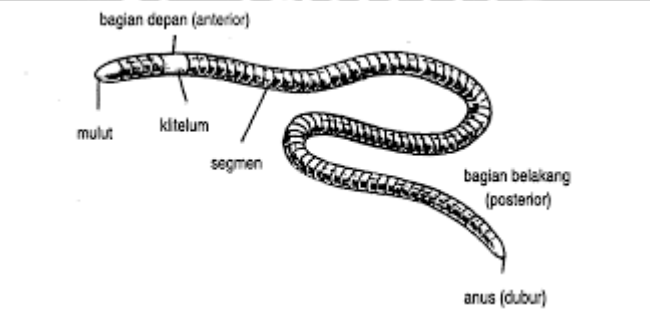
Saus (saos) adalah produk berbentuk pasta (cairan kental) yang merupakan salah satu hasil teknologi pengolahan buah-buahan atau sayuran. Karakteristik sensori saus tergantung dari bahan-bahan baku yang terlibat dalam pengolahannya. Saus memiliki aroma dan rasa yang merancang, biasanya asam atau pedas dan bervariasi dipengaruhi oleh penambahan bahan-bahan baku penunjang. Jenis sayuran atau buah-buahan yang biasa dijadikan bahan baku dalam pembuatan saus adalah cabe merah dan saus. Oleh karena itu, umumnya warna saus adalah merah sesuai kandungan pigmen likopen dan antosianin yang dikandung oleh tomat dan cabe merah (Tarwiyah, 2001).

Air yang terkandung dalam saus tomat lebih kecil daripada saus sambal yaitu sekitar 89,07 g. tetapi kandungan karbohidrat saus tomat lebih tinggi dibanding saus sambal yaitu sebesar 7,18 g. protein yang terkandung dalam saus tomat yakni mencapai 1,33 g, serta serat yang terkandung sebesar 1,4 g. Selain itu, saus tomat juga kaya akan komponen mikronutrien penting lainnya seperti sodium, pottasium, kalsium, fosfor, magnesium dan vitamin C (Suprapti, 2000).

B. Morfologi Cacing Tanah

Cacing tanah tidak memiliki mata, tetapi ditubuhnya terdapat prostomium. Prostomium merupakan organ syaraf perasa dan berbentuk seperti bibir. Organ ini terbentuk dari tonjolan daging yang dapat menutupi lubang mulut. Prostomium terdapat pada bagian depan tubuh. Adanya

prostomium ini membuat cacing tanah peka terhadap benda-benda di sekelilingnya. Itulah sebabnya cacing tanah dapat menemukan bahan organik yang menjadi makanannya walaupun tidak memiliki mata (Pangkulun, 1999). Morfologi cacing tanah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Cacing Tanah *Lumbricus rubellus*

Pada bagian belakang tubuh cacing terdapat anus. Menurut Pangkulun (1999), anus digunakan untuk mengeluarkan sisa-sisa makanan dan tanah yang dimakannya. Kotoran yang keluar dari anus tersebut sangat berguna bagi tanaman karena sangat kaya akan unsur hara. Kotoran tersebut dikenal dengan istilah kascing.

Tubuh cacing tanah menghasilkan lendir yang diproduksi oleh kelenjar lendir pada epidermis. Lendir ini berfungsi melapisi seluruh tubuh dan melicinkan saluran di dalam tanah agar cacing lebih mudah bergerak di tempat kasar. Dalam keadaan normal, cacing tanah keluar ke permukaan tanah pada malam hari untuk mencari makan dan siang hari bersembunyi di lubang-lubang yang lembab (Simanjuntak dan Waluyo, 1992).

Menurut Pangkulun (1999), cacing tanah *L. rubellus* memiliki panjang tubuh antara 8-14 cm, dengan jumlah segmen berkisar antara 95-100 segmen. Warna tubuh cacing bagian dorsal cokelat cerah sampai ungu kemerahan, bagian ventral berwarna krem, dan warna ekor kekuningan. Klitelum terletak pada segmen 27-32, sedangkan jumlah segmen didalam klitelum berkisar antara 6-7 segmen. Lubang kelamin jantan terletak pada segmen ke-14 dan lubang kelamin betina pada segmen ke-13. Kadar air pada cacing tanah berkisar antara 70-78%.

C. Kedudukan Taksonomi

Cacing tanah *L. rubellus* tergolong dalam subkerajaan avertebrata. Seluruh tubuh *L.rubellus* tersusun atas segmen-segmen yang berbentuk cincin sehingga digolongkan dalam filum annelida. Di setiap segmen terdapat rambut yang keras dan berukuran pendek yang juga disebut seta. Oleh karena jumlah serta pada cacing *L. rubellus* sangat sedikit maka cacing ini dimasukkan dalam kelas Oligochaeta. Istilah cacing tanah (*earthworm*) sendiri hanya ditujukan pada binatang kelas Oligochaeta ini (Pangkulun, 1999).

Kelas Oligochaeta dibagi menjadi 12 suku yang satu diantaranya adalah Lumbricidae yang merupakan suku dari cacing *L. rubellus*. Marga Lumbricus sangat menyukai bahan organik yang berasal dari kotoran ternak

dan sisa-sisa tumbuhan. Itulah sebabnya cacing ini disebut juga dekomposer karena dapat mengubah bahan organik menjadi kompos (Pangkulun, 1999).

Menurut Rukmana (1999), kedudukan taksonomi *L. rubellus* Hoff. adalah sebagai berikut:

Filum : Annelida
Kelas : Oligochaeta
Bangsa : Opistophora
Suku : Lumbricidae
Marga : *Lumbricus*
Jenis : *Lumbricus rubellus* Hoffmeister

D. Siklus Hidup dan Faktor Pertumbuhan Cacing Tanah

Siklus hidup cacing tanah dimulai dari kokon, cacing muda (juvenil), cacing produktif, dan cacing tua. Lama siklus ini tergantung pada kesesuaian kondisi lingkungan, cadangan makanan, dan jenis cacing tanah. Dari berbagai penelitian diperoleh lama siklus hidup cacing tanah *L. rubellus* hingga mati mencapai 1,5 tahun (Pangkulun, 1999).

Kokon yang dihasilkan dari cacing tanah akan menetas setelah berumur 14-21 hari. Setelah menetas, cacing tanah muda ini akan hidup dan mencapai dewasa kelamin dalam waktu 2,5-3 bulan. Saat dewasa kelamin cacing tanah akan menghasilkan kokon dari perkawinannya. Yang berlangsung 6-10 hari. Masa produktif aktif cacing tanah akan berlangsung selama 4-10 bulan dan akan menurun hingga cacing mengalami kematian (Pangkulun, 1999).

Di habitat alami, cacing tanah hidup dan berkembang biak dalam tanah. Menurut Rukmana (1999), faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan cacing tanah adalah sebagai berikut.

1. Suhu

   Suhu atau temperatur yang ideal untuk pertumbuhan cacing tanah dan penetasan kokonnya berkisar antara 15 ° - 25 °C. Suhu yang lebih tinggi dari 25 °C masih cocok untuk cacing tanah, tetapi harus diimbangi dengan kelembaban yang memadai dan naungan yang cukup.

2. Kelembaban

   Kelembaban tanah (media) mempengaruhi pertumbuhan dan daya reproduksi cacing tanah. Kelembaban yang ideal untuk cacing tanah adalah antara 15 % - 50 %. Kelembaban kelembaban tanah (media) yang terlalu tinggi atau terlalu basah dapat menyebabkan cacing anah berwarna pucat dan kemudian mati. Sebaliknya bila kelembaban tanah (media) terlalu kering, cacing tanah akan segera masuk ke dalam tanah dan berhenti makan serta akhirnya akan mati.

3. Keasaman Tanah (pH)

   Cacing tanah tumbuh dan berkembang biak dengan baik pada tanah yang bereaksi sedikit asam sampai netral. Keasaman tanah (media) yang memiliki pH asam kurang mendukung prose pembusukan bahan-bahan organik. Oleh karena itu, tanah (media) yang mendapar perlakuan

pengapuran sering banyak dihuni cacing tanah. Pengapuran berfungsi meningkatkan pH tanah (media) sampai mendekati netral.

4. Ketersediaan Bahan Organik

Bahan organik umumnya mengandung protein, karbohidrat, lemak, vitamin, dan mineral, sehingga merupakan pakan untama cacing tanah. Bahan organik tanah (media) dapat berupa kotoran ternak, seresah, atau daun-daun yang gugur dan melapuk, dan tanaman atau hewan yang mati. Makin kaya kandungan bahan organik dalam tanah (media), makin banyak dihuni oleh mikroorganisme tanah, dan juga cacing tanah.

Cacing tanah dapat mencerna bahan organik seberat badannya, bahkan mampu memusnahkan bahan organik seberat dua kali lipat berat badannya. Oleh karena itu, cacing tanah yang hidup dalam tanah (media) yang kaya bahan organik dapat berfungsi sebagai pemusnah bahan organik (dekomposer) dan vermikompos yang dihasilkan berguna sebagai pupuk organik penyubur tanah.

E. Cacing Tanah Sebagai Penghasil Vermikompos

Cacing tanah merupakan organisme tanah yang penting. Cacing tanah dapat mempengaruhi karakteristik dari tanah, seperti kapasitas tampung air (Frouz dkk., 2006), aktivitas mikroflora (Frouz dkk., 2006), dan ketersediaan nutrisi dalam tanah (Lavelle dkk., 1997). Selain itu, menurut Edwards dan Bohlen (1996), aktivitas cacing tanah juga diketahui mempengaruhi aktivitas

mikroba tanah. Karen pengaruhnyya terhadap karakteristik tanah, cacing tanah juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Scullion dan Malik, 2000).

Bahan organik merupakan sumber makanan utama bagi cacing tanah. Setelah bahan organik dimakan maka dihasilkan pupuk organik. Pupuk organik tersebut lebih dikenal dengan vermikompos. Vermikompos merupakan partikel-partikel tanah berwarna kehitaman yang ukurannya lebih kecil dari partikel tanah biasa sehingga lebih cocok untuk pertumbuhan tanaman (Pangkulun. 1999).

Vermikomposting merupakan proses dekomposisi aerobik non-thermofilik oleh interaksi mutualisme antara cacing tanah dan mikroorganisme yang mengubah bahan-bahan organik menjadi produk yang lebih bernilai (Pramanik dan Chung, 2010). Selama proses *vermicomposting*, aktivitas cacing tanah meningkatkan mineralisasi yang merangsang aktivitas mikroba dan menghasilkan produk akhir yang kaya akan nutrisi (vermikompos) dengan populasi mikroba yang beragam (Elvira, 1998).

Vermikompos mengandung berbagai bahan baku atau komponen yang bersifat biologis maupun kimiawi yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Adapun komponen biologis yang terkandung dalam vermikompos adalah hormon pengatur tumbuh seperti giberelin, sitokinin, dan auxin. Sementara komponen kimiawinya seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Selain itu, vermikompos bersifat netral dengan nilai pH 6,5-7,4

(Pangkulun, 1999). Adapun komposisi kompenen kimiawi pada vermikompos ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi komponen kimiawi pada vermikompos (Pangkulun, 1999)

Komponen Kimiawi	Komposisi (%)
Nitrogen (N)	1,1-4,0
Fosfor (P)	0,3-3,5
Kalium (K)	0,2-2,1
Magnesium (Mg)	0,3-0,6
Besi (Fe)	0,4-1,6

F. Unsur Hara Bagi Tanaman

Menurut Lingga dan Marsono (2008), setiap tanaman memerlukan paling sedikit 16 unsur agar pertumbuhannya normal. Dari ke-16 unsur tersebut, tiga unsur (karbon, hidrogen , dan oksigen) diperoleh dari udara, sedangkan 13 unsur lagi disediakan oleh tanah. Ke-13 unsur tersebut adalah nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), sulfur atau belerang (S), klor (Cl), ferum atau besi (Fe), mangan (Mn), kuprum atau tembaga (Cu), zink atau seng (Zn) boron (B), dan molibdenum (Mo).

Bila dilihat dari jumlah yang diserap tanaman, dari ke-13 unsur tersebut hanya enam unsur saja yang diambil tanaman dalam jumlah banyak. Unsur yang dibutuhkan dalam jumlah banyak tersebut disebut unsur makro. Keenam jenis unsur tersebut adalah N, P, K, S, Ca, dan Mg. Namun demikian, bila dilihat dari kegunaan ke-6 unsur tersebut hanya tiga unsur saja yang mutlak ada di dalam tanah dan perlu bagi tanaman. Ketiga unsur yang mutlak harus ada ialah N, P, dan K (Lingga dan Marsono, 2008).

Adapun menurut Lingga dan Marsono (2008), kegunaan serta peran unsur N, P, dan K bagi tanaman adalah sebagai berikut:

1. Nitrogen

   Peranan utama nitrogen (N) bagi tanaman adalah untuk merangsang pertumbuhan secara keseluruhan, khususnya batang, cabang, dan daun. Selain itu, nitrogen berperan penting dalam pembentukan hijau daun yang sangat berguna dalam proses fotosintesis. Fungsi lainnya ialah membentuk protein, lemak, dan berbagai senyawa organik lainnya.

2. Fosfor

   Unsur fosfor (P) bagi tanaman berguna untuk merangsang pertumbuhan akar, khususnya akar benih dan tanaman muda. Selain itu, fosfor berguna sebagai bahan mentah untuk pembentukan sejumlah protein tertentu, membantu asimilasi dan pernafasan, serta mempercepat pembungaan, pemasakan biji dan buah.

3. Kalium

   Fungsi utama kalium (K) ialah membantu pembentukan protein dan karbohidrat. Kalium pun berperan dalam memperkuat tubuh tanaman agar daun, bunga, dan buah tidak mudah gugur. Yang tidak bisa dilupakan ialah kalium merupakan sumber kekuatan bagi tanaman dalam menghadapi kekeringan dan penyakit.

G. Hipotesis

1. Limbah *sludge* industri saus dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku vermikompos yang dapat dicerna oleh cacing tanah *L. rubellus*.
2. Kombinasi perbandingan limbah *sludge* dan kotoran sapi yang menghasilkan vermikompos terbaik adalah 500:500.