

## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Khamir

#### 2.1.1 Pengertian Khamir

Khamir termasuk fungi, tetapi dibedakan dari kapang karena bentuknya yang terutama uniseluler. Reproduksi vegetatif pada khamir terutama dengan cara pertunasan/budding (Pelczar dan Chan, 1977). Sebagai sel tunggal, khamir tumbuh dan berkembang biak lebih cepat dibandingkan dengan kapang yang tumbuh dengan pembentukan filamen. Khamir juga lebih efektif dalam memecah komponen kimia dibandingkan dengan kapang karena mempunyai perbandingan luas permukaan dengan volume yang lebih besar. Khamir juga berbeda dari ganggang karena tidak dapat melakukan proses fotosintesis dan berbeda dari protozoa karena mempunyai dinding sel yang kuat. Khamir mudah dibedakan dari bakteri karena ukurannya yang lebih besar dan morfologinya yang berbeda dengan bakteri (Harper, 1991). Khamir pada umumnya diklasifikasikan berdasarkan sifat-sifat fisiologinya dan tidak atas perbedaan morfologinya, seperti pada kapang. Beberapa khamir tidak membentuk spora (*asporogenous*) dan digolongkan ke dalam fungi imperfecta dan yang lainnya membentuk spora seksual sehingga digolongkan ke dalam *Ascomycetes* dan *Basidiomycetes* (Board, 1983).

#### 2.1.2 Taksonomi Khamir

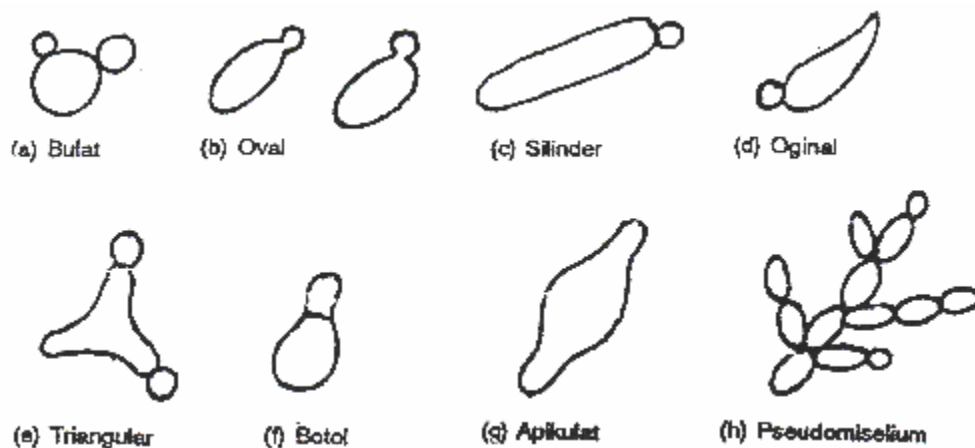
Taksonomi adalah ilmu yang mempelajari tentang klasifikasi dan identifikasi (Barnett *et al.* 2000). Khamir merupakan organisme eukariota uniselular yang secara taksonomi termasuk dalam kingdom Eumycota. Spesies-spesies khamir dapat ditemukan dalam filum Ascomycota maupun Basidiomycota (Boekhout dan Phaff, 2003).

Khamir yang tersebar dalam filum Ascomycota dan Basidiomycota terdiri atas khamir teleomorfik dan anamorfik (Querol *et al.*, 2003). Satu individu khamir dapat ditemukan berada pada fase reproduksi seksual maupun pada fase reproduksi aseksual (Alexopoulos *et al.*, 1996). Khamir yang ditemukan berada pada fase reproduksi seksual disebut khamir teleomorfik sedangkan khamir yang berada pada fase aseksualnya disebut khamir anamorfik. Pemberian nama genus dalam taksonomi khamir berdasarkan pada fase reproduksi yang ditemukan, yaitu teleomorfik atau anamorfik (Yarrow, 1998). Contoh khamir anamorfik adalah

*Candida*, yang apabila ditemukan fase seksualnya diberi nama teleomorfik *Pichia* atau *Metschnikowia* (Boekhout *et al.*, 1998; Kurtzman,1998).

### 2.1.3 Morfologi Khamir

Khamir adalah fungi uniseluler yang bersifat mikroskopis. Sel khamir mempunyai ukuran yang bervariasi, yaitu dengan panjang 1-5 mikrometer sampai 20 mikrometer dan lebar 1-10 mikrometer. Bentuk sel khamir bermacam-macam (yaitu bulat, oval, silinder atau batang, segitiga melengkung, berbentuk botol, bentuk apikulat atau lemon, membentuk pseudomiselium dan sebagainya (Fardiaz, 1992).

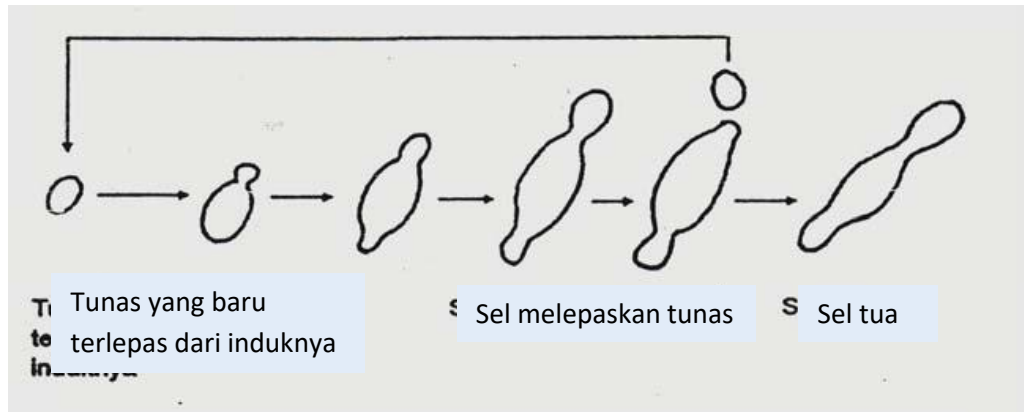


Gambar 1. Bentuk-bentuk khamir (Fardiaz,1992)

Sel vegetatif yang berbentuk apikulat atau lemon merupakan karakteristik grup khamir yang ditemukan pada tahap awal fermentasi alami buah-buahan dan bahan lain yang mengandung gula, misalnya *Hanseniaspora* dan *Kloeckera*. Bentuk ojival adalah bentuk memanjang di mana salah satu ujung bulat dan ujung yang lainnya runcing. Bentuk ini merupakan karakteristik dari khamir yang disebut *Brettanomyces*. Khamir yang berbentuk bulat misalnya *Debaryomyces*, berbentuk oval misalnya *Saccharomyces* dan yang berbentuk triangular misalnya *Trygonopsis*.

Khamir tidak mempunyai flagela atau organ lain untuk bergerak. Dalam kultur yang sama, ukuran dan bentuk sel khamir mungkin berbeda karena pengaruh umur sel dan kondisi lingkungan selama pertumbuhan. Sel yang muda mungkin berbeda bentuknya dari yang tua karena adanya proses ontogeni, yaitu perkembangan individu sel. Sebagai contoh, khamir yang berbentuk apikulat (lemon) pada umumnya berasal dari tunas berbentuk bulat sampai oval yang terlepas dari induknya, kemudian tumbuh dan membentuk tunas sendiri. Karena

proses pertunasannya bersifat bipolar, sel muda yang berbentuk oval membentuk tunas pada kedua ujungnya sehingga mempunyai bentuk seperti lemon. Sel-sel yang sudah tua dan telah mengalami pertunasan beberapa kali, mungkin mempunyai bentuk yang berbeda-beda.



Gambar 2 . Pembelahan sel khamir (Fardiaz, 1992)

#### 2.1.4 Fisiologi Khamir

Khamir tumbuh paling baik pada kondisi dengan persediaan air cukup, karena khamir dapat tumbuh pada medium dengan konsentrasi solut (gula atau garam) lebih tinggi daripada bakteri, dapat disimpulkan bahwa khamir membutuhkan air untuk pertumbuhan lebih kecil dibandingkan kebanyakan bakteri (Fardiaz, 1992). Jenis khamir tertentu mempunyai persyaratan  $A_w$  (aktivitas air) yang rendah yaitu tergolong dalam osmofilik. Interval  $A_w$  untuk pertumbuhan secara normal adalah 0,89-0,94, sedangkan untuk khamir osmofilik antara 0,62-0,65 (Rahayu, 1989). Keasaman dan suhu yang layak adalah penting bagi pertumbuhan dan aktivitas khamir.

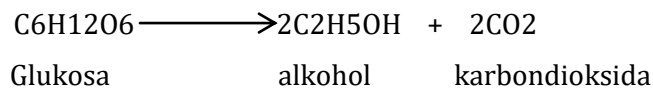
Adapun pH yang disukai antara 4-4,5. Pada keadaan alkalis tidak dapat tumbuh dengan baik, sedangkan keadaan yang aerobik sangat disukai (Suwaryono, 1988; Savova and Nikolova, 2002). Kisaran suhu untuk pertumbuhan kebanyakan khamir pada umumnya hampir sama dengan kapang yaitu dengan suhu optimum 25-30°C dan suhu maksimum 35-47°C. Beberapa khamir dapat tumbuh pada suhu 0°C atau kurang. Pertumbuhannya yang lambat dan kesanggupannya untuk bersaing kurang, khamir sering tumbuh pada lingkungan yang kurang baik untuk pertumbuhan bakteri, lingkungan tersebut antara lain pH rendah, kelembaban rendah, kadar gula dan garam yang tinggi, suhu penyimpanan rendah, radiasi pada makanan dan adanya antibiotika (Trihendro, 1989; Viljoen, *et al.*, 2003).

Secara umum gula merupakan sumber energi yang paling baik, hanya untuk jenis khamir oksidatif dapat menggunakan asam-asam organik dan alkohol (Rahayu, 1989). Khamir mampu menggunakan berbagai macam sumber nitrogen. Sebagai sumber nitrogen untuk sintesis protein, kebanyakan khamir dapat menggunakan ion nitrat dan nitrit (Fardiaz, 1992).

Sifat fisiologis yang digunakan dalam klasifikasi khamir adalah fermentasi dan asimilasi. Fermentasi yaitu aktivitas metabolisme yang menghasilkan energi (katabolisme) dan membutuhkan substrat, sedangkan asimilasi merupakan aktivitas metabolisme yang memerlukan energi (anabolisme) dan menghasilkan senyawa tertentu (Jarvis, 1978).

## 2.2 Metabolisme dan Substrat Untuk Pertumbuhan Khamir

Khamir dapat dibedakan atas dua kelompok berdasarkan sifat metabolismenya, yaitu yang bersifat : (1) fermentatif dan (2) oksidatif. Khamir fermentatif dapat melakukan fermentasi alkohol, yaitu memecah glukosa melalui jalur glikolisis (Embden Meyerhoff-Parnas) dengan total reaksi sebagai berikut:



Khamir yang digunakan dalam pembuatan roti dan bir merupakan spesies *Saccharomyces* yang bersifat fermentatif kuat. Tetapi dengan adanya oksigen, *S. cerevisiae* juga dapat melakukan respirasi yaitu mengoksidasi gula menjadi karbondioksida dan air. Oleh karena itu, tergantung dari kondisi pertumbuhan, *S. cerevisiae* dapat mengubah sistem metabolismenya dari jalur fermentatif menjadi oksidatif (respirasi). Kedua sistem tersebut menghasilkan energi, meskipun energi yang dihasilkan melalui respirasi lebih tinggi dibandingkan dengan melalui fermentasi (Jarvis, 1978).

Pasteur adalah peneliti yang pertama kali mendemonstrasikan bahwa khamir yang bersifat fermentatif, jika diberi aerasi aktivitas fermentasinya akan menurun dan sebagian glukosa akan direspirasi (dioksidasi) menjadi karbondioksida dan air. Fenomena ini disebut efek Pasteur dan telah diterapkan dalam produksi ragi roti, di mana tidak dikehendaki proses fermentasi atau pembentukan alkohol. Jika konsentrasi gula dipertahankan tetap rendah, kondisi yang sangat aerobik (oksigen berlebihan) menyebabkan semua gula direspirasi menjadi karbondioksida dan air. Khamir yang digunakan dalam pembuatan bir, yaitu *Saccharomyces carlsbergensis*, bersifat fermentatif kuat dan oksidatif lemah (Fardiaz, 1992). Banyak spesies khamir yang bersifat oksidatif kuat, yaitu tidak

dapat melakukan fermentasi alkohol. Khamir semacam ini bersifat aerobik karena membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya, misalnya semua spesies *Rhodotorula* dan *Cryptococcus* dan beberapa spesies *Candida*, *Torulopsis* dan beberapa jenis lainnya. Selain itu beberapa spesies khamir bersifat oksidatif kuat tetapi dapat melakukan fermentasi secara lemah, misalnya beberapa spesies dari jenis *Debaryomyces* dan *Pichia* (Pelczar and Chan, 1977).

Pada khamir yang bersifat fermentatif, 70% dari glukosa di dalam substrat akan diubah menjadi karbondioksida dan alkohol, sedangkan sisanya sebanyak 30% tanpa adanya nitrogen akan diubah menjadi produk penyimpanan cadangan. Produk penyimpanan tersebut akan digunakan kembali melalui fermentasi endogenous jika glukosa di dalam medium habis (Tarigan, 1988).

Morfologi sel khamir dapat diamati menggunakan beberapa cara yaitu pengamatan langsung dengan mikroskop biasa, pengamatan dengan mikroskop biasa setelah diwarnai dengan pewarna tertentu, terutama untuk melihat kondisi lokasi komponen tertentu di dalam sel. Pengamatan dengan mikroskop elektron terhadap dinding sel yang telah dipisahkan dari selnya dan pengamatan dengan mikroskop elektron terhadap irisan tipis sel khamir (Hadioetomo, 1985). Untuk mewarnai sel khamir dapat digunakan pewarna seperti yang digunakan untuk bakteri, tetapi karena beberapa pewarna mungkin menutupi struktur sel, untuk melihat lokasi masing-masing struktur di dalam sel dapat digunakan pewarna spesifik (Cappucino, 1987). Mikrostruktur sel khamir terdiri dari kapsul, dinding sel, membran sitoplasma, nukleus, satu atau lebih vakuola, mitokondria, globula lipid, volutin atau polifosfat dan sitoplasma (Cook, 1958). Beberapa khamir ditutupi oleh komponen ekstraseluler yang berlendir dan disebut kapsul. Kapsul tersebut menutupi bagian luar dinding sel dan terutama terdiri dari polisakarida termasuk glukofosfomanan, suatu polimer menyerupai patidan heteropolisakarida yaitu polimer yang mengandung lebih dari satu macam unit gula seperti pentosa, heksosadan asam glukuronat (Fardiaz, 1992).

## **2.3 Tanaman**

### **2.3.1 Tanaman Padi**

Tanaman padi adalah sejenis tumbuhan yang sangat mudah ditemukan apalagi di daerah pedesaan. Hamparan persawahan dipenuhi dengan tanaman padi. Sebagian besar menjadikan padi sebagai sumber bahan makanan pokok. Padi merupakan tanaman yang termasuk genus *Oryza* L. Yang meliputi kurang lebih 25 spesies, tersebar didaerah tropis dan daerah subtropis seperti

Asia, Afrika, Amerika, dan Australia. Padi yang ada sekarang merupakan persilangan antara *Oryza officinalis* dan *Oryza sativa* F. Spontane (Ina, 2007). Padi adalah sumber karbohidrat utama bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Tanaman ini di satu sisi merupakan penopang dalam ketahanan pangan nasional, tetapi pada sisi lain produk samping dari tanaman padi belum dimanfaatkan secara optimal, terlebih di kalangan petani itu sendiri. Hal ini dapat dilihat dari pola perilaku petani setelah pemanenan hasil, melakukan penanganan limbah pertanian dengan cara pembakaran. Proses secara in-situ dalam pembersihan lahan pasca panen seperti ini memberikan dampak negatif. Cara-cara penanganan tersebut masih sering dijumpai pada kalangan petani, disebabkan oleh metode yang cepat dan murah. Akan tetapi, praktek seperti ini memberikan efek hilangnya nutrisi, nilai penting bahan organik dan mengakibatkan polusi lingkungan (Mishra *et al.*, 2001).

### **2.3.2 Tanaman Jagung**

Jagung merupakan tanaman serelia yang termasuk bahan pangan penting karena merupakan sumber karbohidrat kedua setelah beras. Sebagai salah satu sumber bahan pangan, jagung telah menjadi komoditas utama setelah beras (Purwono *et al.*, 2011). Bagi orang Indonesia jagung merupakan bahan makanan pokok kedua setelah beras. Jagung secara historis merupakan tanaman bahan pangan.

Di Amerika Tengah, jagung menjadi pangan pokok bangsa Maya sejak 5.000 SM (Jugenheimer, 1975). Hingga akhir abad-19 penggunaan jagung tetap sebagai pangan, terutama di Amerika Selatan, Asia dan negara-negara Afrika. Biji jagung mengandung karbohidrat (75%), protein (8-9%) dan minyak (5%) yang tinggi, sehingga mulai abad ke-20 jagung telah berubah menjadi komoditas multiguna. Dari total produksi jagung dunia pada tahun 2009 sekitar 709 juta ton, 472 juta ton atau 66% di antaranya digunakan untuk pakan, 20% diolah dalam industri dan 14% sebagai pangan manusia (Orenstein, 2010).

Di Amerika Serikat sejak 2007 sebanyak 83 juta ton biji jagung diolah menjadi ethanol sebagai bahan bioenergi dan kecenderungan penggunaannya terus meningkat (Assadourian 2007, Orenstein 2010). Di Asia, total produksi jagung sekitar 180 juta ton, terbesar di China (140,4 juta ton) dan India (14,7 juta ton) sedangkan Indonesia menurut data USDA-FAS (2008) hanya memproduksi 6,8 juta ton per tahun. Menurut data BPS (2014) produksi jagung di Indonesia mencapai 17 juta ton per tahun.

Penggunaan jagung di Asia, termasuk Indonesia, selain untuk industri pakan juga sebagai bahan pangan. Walaupun hasil penelitian jagung di Indonesia dapat menghasilkan 10-11 t/ha, namun produktivitas di lahan petani sangat beragam, berkisar antara 3,2-8 t/ha (Yasin *et al.*, 2014; Girsang *et al.*, 2010). Produktivitas jagung nasional pada tahun 2014 menurut data BPS adalah 4,8t/ha. Secara empiris keragaman produktivitas jagung antarwilayah di Indonesia dan antarpetani disebabkan oleh perbedaan penerapan teknologi budi daya yang mencakup benih, varietas, pupuk dan pengelolaan air.

Di Indonesia wilayah tengah dan barat, usahatani jagung pada umumnya dilakukan secara komersil, menggunakan benih varietas hibrida, pupuk anorganik dan suplementasi pengairan pada musim kemarau. Akan tetapi di wilayah timur, jagung sebagian besar merupakan komponen usahatani subsistensi, menggunakan benih varietas lokal, pemupukan minimal atau pupuk organik dosis rendah dan sumber air sepenuhnya berasal dari hujan.

### **2.3.3. Tanaman Tebu**

Tanaman tebu termasuk suku rumput - rumputan yang tumbuh bergerombol membentuk rumpun. Akarnya berbentuk serabut. Batangnya bulat panjang dan berbuku - buku. Tingginya dapat mencapai 6 meter. Warna batangnya beragam, ada yang hijau, kuning, ungu, merah dan lain - lain. Permukaan batangnya kadang - kadang berlilin. Pada buku - buku batang terdapat mata akar dan tunas. Helaian daun berbentuk pita. Panjang daun dapat mencapai panjang 1-2m dan lebar 4-8cm. Pada permukaan daun atas dan bawah terdapat bulu - bulu yang panjang dan tajam. Bunganya tersusun dalam malai yang tegak berwarna putih. Masa berbunga biasanya antara bulan Februari dan Juni (LIPI, 1978).

Tanaman tebu dapat diperbanyak dengan biji, stek batang, atau stek ujung. Perbanyak biji biasanya dilakukan pada usaha pemuliaan tanaman saja. Secara komersil perbanyak tanaman tebu dilakukan secara vegetatif, yaitu dalam bentuk stek batang. Rata - rata di Jawa setiap 1 ha kebun bibit dapat memenuhi kebutuhan 8 ha kebun tebu giling, sedangkan di luar Jawa lebih kecil lagi, 1 ha kebun bibit hanya dapat memenuhi kebutuhan 6 ha kebun tebu giling (Direktorat benih, 2008).

## 2.4 Seresah

### 2.4.1 Seresah Padi

Seresah adalah bagian vegetatif tanaman padi (batang, daun, tangkai malai) yang tidak dipungut saat tanaman padi dipanen. Kandungan hara seresah padi tergantung pada kesuburan tanah, jumlah pupuk yang diberikan, kualitas dan kuantitas air irigasi dan iklim (Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2007). Seresah merupakan bahan organik yang tersedia dalam jumlah yang signifikan bagi petani padi. Sekitar 40% N, 30-35% P, 80-85% K dan 40-50% S tetap dalam sisa bagian vegetatif tanaman. Seresah juga merupakan sumber hara mikro penting seperti seng (Zn) dan silikon (Si). Pembentukan tunggul dan seresah ke dalam tanah merupakan upaya mengembalikan sebagian besar hara yang telah diserap tanaman dan membantu pelestarian cadangan hara tanah dalam jangka panjang (Dobermann and Fairhurst, 2002). Kandungan hara pada seresah padi disajikan pada Tabel 1. Pengelolaan seresah padi merupakan hal penting dalam sistem budidaya padi untuk meningkatkan hasil panen. Ada beberapa cara pengelolaan seresah padi yang dilakukan oleh petani, antara lain dibakar, disebar di permukaan tanah sebagai mulsa dan mengangkut seresah keluar dari lahan. Pembakaran seresah akan menghilangkan hara dalam jumlah besar (80% N, 25% P, 4-60% S dari kandungan hara total seresah). Pembakaran seresah juga menimbulkan dampak negatif lain, seperti polusi udara dan membunuh organisme maupun mikroba tanah yang menguntungkan (Mandal *et al.*, 2004).

Tabel 1. Kandungan hara pada seresah padi (Dobermann dan Fairhurst 2002)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Si
Kandungan seresah (% berat Kering)	0,5-0,8	0,16-0,27	1,4-2,0	0,05-0,010	4-7
Kandungan dalam 1 ton seresah (kg/ha)	5-8	1,6-2,7	14-20	0,5-0,1	40-70

### 2.4.2 Seresah Jagung

Kompos seresah jagung yang digunakan dalam penelitian ini, kandungan hara yang terdapat di dalamnya yaitu 2,52% N, 2,45% P dan 2,13% K. Salah satu unsur yang merangsang perakaran yaitu unsur P, menurut Suseno (1981) unsur fosfor bagi tanaman berguna untuk merangsang pertumbuhan akar yang nantinya berguna untuk menopang tegaknya tanaman dan penyerapan unsur hara dari media tanam. Perlu dalam setiap proses metabolisme tanaman yaitu dalam sintesis asam amino dan ion ammonium dan fotosintesis, apabila terjadi kekurangan unsur



hara K maka kecepatan asimilasi CO<sub>2</sub> akan menurun sehingga laju pembelahan dan pembesaran sel akan menurun.

Ketersediaan nitrogen yang cukup pada tanah mampu meningkatkan serapan N tanaman sehingga meningkatkan kandungan klorofil. Hal ini berdampak terhadap peningkatan proses fotosintesis dan pembentukan sintesis karbohidrat meningkat sehingga meningkatkan pertumbuhan vegetatif termasuk pertumbuhan tinggi tanaman dan pembentukan daun. Nyakpa *et al.*, (1988) menyatakan jika nitrogen terpenuhi maka sintesis klorofil, protein dan pembentukan sel-sel baru dapat tercapai sehingga mampu membentuk organ-organ seperti pembentukan daun.

#### **2.4.3 Seresah Tebu**

Menurut Novizan (2002) kadar unsur hara di dalam kompos bahan organik sangat bervariasi, tergantung dari jenis bahan asal yang digunakan dan cara pembuatan kompos. Kadar unsur hara kompos antara lain : Nitrogen 0.1 – 0.6 % : Fosfor 0.1 - 4 % : Kalium 0.8 – 1.5 % : dan Kalsium 0.8 – 1.5 %.

### **2.5 Dekomposisi**

Ada beberapa definisi yang dikemukakan tentang dekomposisi antara lain dekomposisi didefinisikan sebagai penghancuran bahan organik mati secara gradual yang dilakukan oleh agen biologi maupun fisika (Begon, 1990). Dekomposisi bahan organik dipandang sebagai reduksi komponen-komponen organik dengan berat molekul yang lebih tinggi menjadi komponen dengan berat molekul yang lebih rendah melalui mekanisme enzimatik (Saunders, 1980). Sejalan dengan Begon (1990) dan Saunders (1980), Smith (1980) menyatakan bahwa proses dekomposisi adalah gabungan dari proses fragmentasi, perubahan struktur fisik dan kegiatan enzim yang dilakukan oleh dekomposer yang merubah bahan organik menjadi senyawa anorganik. Definisi-definisi tersebut menggambarkan bahwa proses dekomposisi bukan saja dilakukan oleh agen biologis seperti bakteri tetapi juga melibatkan agen-agen fisika. Proses dekomposisi dimulai dari proses penghancuran/fragmentasi atau pemecahan struktur fisik yang mungkin dilakukan oleh hewan pemakan bangkai (scavenger) terhadap hewan-hewan mati atau oleh hewan-hewan herbivora terhadap tumbuhan dan menyisakannya sebagai bahan organik mati yang selanjutnya menjadi serasah, debris atau detritus dengan ukuran yang lebih kecil. Proses fisika dilanjutkan dengan proses biologis dengan bekerjanya bakteri yang melakukan

penghancuran secara enzimatik terhadap partikel-partikel organik hasil proses fragmentasi. Proses dekomposisi oleh bakteri dimulai dengan kolonisasi bahan organik mati oleh bakteri yang mampu mengautolisis jaringan mati melalui mekanisme enzimatik. Dekomposer mengeluarkan enzim yang menghancurkan molekul-molekul organik kompleks seperti protein dan karbohidrat dari tumbuhan dan hewan yang telah mati. Beberapa dari senyawa sederhana yang dihasilkan digunakan oleh dekomposer (Moriber, 1974; Saunder, 1980.). Dekomposisi sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan terutama ketersediaan oksigen terlarut khususnya bagi dekomposer aerobik. Dekomposisi pada kondisi anaerob akan menghasilkan bahan-bahan yang dapat merugikan bagi kehidupan organisme perairan. Keberadaan oksigen umumnya berdampak positif bagi terjadinya proses dekomposisi.

### 2.5.1 Dekomposisi Aerob

Dekomposisi kerap kali dihubungkan dengan pengomposan. Pada pengomposan secara aerobik, oksigen mutlak dibutuhkan. Mikroorganisme yang terlibat dalam proses pengomposan membutuhkan oksigen dan air untuk merombak bahan organik dan mengasimilasikan sejumlah karbon, nitrogen, fosfor, belerang dan unsur lainnya untuk sintesis protoplasma sel tubuhnya (Simamora dan Salundik, 2006). Dalam sistem ini, kurang lebih 2/3 unsur karbon (C) menguap menjadi  $\text{CO}_2$  dan sisanya 1/3 bagian bereaksi dengan nitrogen dalam sel hidup. Selama proses pengomposan aerobik tidak timbul bau busuk. Selama proses pengomposan berlangsung akan terjadi reaksi eksotermik sehingga timbul panas akibat pelepasan energi (Sutanto, 2002). Hasil dari dekomposisi bahan organik secara aerobik adalah  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (air), humus dan energi. Proses dekomposisi bahan organik secara aerobik dapat disajikan dengan reaksi sebagai berikut :

Bahan Organik  $\xrightarrow{\text{mikroba aerob}}$   $\text{H}_2\text{O}$  + Humus + Hara + Energi (Djuarnani *et al.*, 2005)

## 2.6 Faktor yang mempengaruhi Dekomposisi

### 2.6.1 Pengaruh Oksigen Terhadap Dekomposisi

Dekomposisi itu sendiri dapat terjadi pada dua kondisi baik aerobik maupun anaerobik. Hal ini berarti bahwa oksigen merupakan faktor yang sangat mendukung bagi proses dekomposisi. Oksigen yang hadir dalam bentuk bebas

(molekul-molekul  $O$ ) merupakan faktor utama dalam mempengaruhi proses dekomposisi aerobik. Oksigen merupakan faktor dominan yang mempengaruhi dekomposisi secara aerobik yang mungkin merupakan lanjutan pada proses anaerob. Proses anaerobik dapat dimulai ketika menerima beban bahan organik atau setelah proses aerobik tidak dapat diteruskan lagi. Terhentinya proses aerobik pada kondisi bahan organik yang masih banyak tersedia, disebabkan karena keterbatasan atau telah habisnya (exhausted) oksigen untuk proses dekomposisi itu sendiri.

Dengan kata lain oksigen berperan pada awal proses dekomposisi aerobik dan bakteri aerobik dapat meneruskan mendekomposisi produk yang dihasilkan dalam proses anaerobik. Bakteri anaerobik dapat segera mengkolonisasi bahan organik yang tidak habis terdekomposisi oleh bakteri aerobik, karena keterbatasan oksigen. Keberadaan oksigen sendiri diharapkan dapat digunakan untuk melanjutkan proses lanjutan terhadap hasil proses dekomposisi anaerobik sehingga produk tersebut tidak berbahaya bagi organisme perairan. Posisi dan urutan proses dekomposisi aerobik dan anaerobik di perairan. Sayangnya kedua kondisi ini berada pada area yang tidak sama, sehingga proses dekomposisi aerobik yang memungkinkan sebagai lanjutan dari dekomposisi anaerobik tidak dapat berjalan secara baik. Hal ini karena oksigenpun tidak berada pada daerah yang sama dimana produk anaerob dihasilkan sehingga tidak dapat secara langsung melanjutkannya dengan dekomposisi aerobik. Umumnya kondisi aerobik berada di lapisan atas kolom air sementara kondisi anaerob pada dasar perairan sehingga menyulitkan bagi bakteri aerob untuk menjangkau daerah tersebut karena ketersediaan oksigen yang sangat rendah. Kondisi demikian yang mengakibatkan terjadinya akumulasi bahan organik hasil dekomposisi anaerobik pada lapisan dasar perairan.

Mekanisme alami yang dapat mengurangi beban akumulasi bahan organik di dasar perairan ini adalah proses fisika berupa pembalikan (upwelling) massa air yang akan mengangkut bahan organik ke bagian atas perairan sehingga memungkinkan proses dekomposisi aerobik terjadi. Proses pembalikan ini sebenarnya bersifat menguntungkan bagi lingkungan perairan itu sendiri, akan tetapi karena bahan organik yang dibawa umumnya bersifat toksik bagi organisme perairan maka pada tahap Aerobik awal bersifat merugikan. Baru setelah kegiatan dekomposisi aerobik berjalan baru dapat dihasilkan nutrisi anorganik yang dapat dimanfaatkan oleh produser untuk melakukan fotosintesis dan merubahnya

kembali menjadi bahan organik. Produk akhir dari proses dekomposisi aerobik dapat digunakan langsung oleh produser diperairan sedangkan, hasil dekomposisi anaerobik bersifat racun. (Hardjowigono, 1995)

### **2.6.2 Suhu dan Kadar Air**

Dekomposisi dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor suhu tanah dan faktor kadar air tanah (Notohadiprawiro, 1999). Suhu tanah merupakan sifat fisik tanah yang penting karena mempengaruhi langsung pertumbuhan tumbuhan bersama dengan air, udara dan hara. Suhu tanah mempengaruhi lengas tanah, aerasi, struktur, kegiatan mikroba dan enzim, perombakan sisa jaringan tumbuhan dan hewan serta ketersediaan hara tumbuhan (Notohadiprawiro, 1999). Setiadi (1987) menyatakan bahwa peningkatan suhu tanah dapat merangsang kegiatan metabolisme dari flora mikro untuk mempercepat lajunya proses mineralisasi (perombakan menjadi CO<sub>2</sub> dari bahan organiknya), dengan demikian akan terdapat suatu peningkatan di dalam laju arus energi dalam sistemnya. Hakim, Yusuf dan Sutopo, (1986) menyatakan bahwa jika temperatur tanah turun secara drastis, maka kehidupan jasad di dalam tanah turun aktifitasnya sehingga akhirnya proses kehidupan jasad-jasad renik yang dapat merombak hara-hara tanaman menjadi bentuk yang tersedia juga sangat ditentukan oleh tanah. Suhu tanah di wilayah tropika sebagaimana ditetapkan dalam Sistem Taksonomi Tanah Amerika Serikat, termasuk dalam kategori pola suhu sama, yaitu perbedaan kurang dari 5°C antara rata-rata suhu musim dingin, pada kedalaman 50 cm atau jika lebih dangkal pada sentuhan batu, rata-rata suhu udara tahunan hampir sama dengan rata-rata suhu tanah tahunan (Sanchez, 1992). Air merupakan unsur tanah yang dinamis. Dikenal tiga macam pergerakan air dalam tanah, yaitu pergerakan tidak jenuh (gerakan-gerakan kapiler), pergerakan jenuh dan pergerakan uap (Hakim *et al.*, 1986). Hardjowigono, (1995) menyatakan bahwa air terdapat di dalam tanah, tertahan oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Air dapat meresap atau ditahan oleh tanah karena adanya gaya-gaya adhesi, kohesi dan gravitasi. Kemampuan tanah menahan air dipengaruhi antara lain oleh tekstur tanah. Tanah-tanah bertekstur kasar mempunyai daya menahan air lebih kecil dibandingkan tanah bertekstur halus. Persediaan air dalam tanah tergantung dari: banyaknya curah hujan atau air irigasi, kemampuan tanah menahan air, besarnya evapotranspirasi (penguapan langsung melalui tanah dan vegetasi) dan tingginya muka air tanah. Keadaan iklim yang basah karena curah hujan yang tinggi, diikuti suhu panas, sepanjang tahun menyebabkan kegiatan jasad renik seperti fungi

(jamur) dan bakteri sangat aktif. Akibatnya proses pembusukan serasah hutan berlangsung sangat cepat, proses humifikasi segera dilanjutkan dengan proses mineralisasi (Manan, 1998 ). Faktor iklim menentukan laju dekomposisi bahan organik sehingga

mempengaruhi kelimpahan bahan organik di permukaan tanah. Kelembaban dan temperatur adalah variabel iklim yang terpenting sebab keduanya mempengaruhi perkembangan tumbuhan dan mikroorganisme tanah (Hilwan, 1993). Pada tingkat suhu tanah sedang (30° C) dan kelembaban tanah antara 60-80 %, laju dekomposisi bahan organik mencapai tingkat tertinggi. Peningkatan suhu dan kelembaban secara serentak, akan memperlambat laju dekomposisi bahan organik (Hilwan, 1993).

### **2.6.3 Nisbah C/N**

Jika nisbah C/N tinggi, aktivitas biologi mikroorganisme akan berkurang. Selain itu, diperlukan beberapa siklus mikroorganisme untuk menyelesaikan degradasi bahan kompos sehingga waktu pengomposan akan lebih lama dan kompos yang dihasilkan akan memiliki mutu rendah. Jika nisbah C/N terlalu rendah (kurang dari 30), kelebihan nitrogen (N) yang tidak dipakai oleh mikroorganisme tidak dapat diasimilasi dan akan hilang melalui volatilisasi sebagai amonia atau terdenitrifikasi (Djuarnaniet *al.*, 2005). Mikroorganisme akan mengikat nitrogen tetapi tergantung pada ketersediaan karbon. Apabila ketersediaan karbon terbatas (nisbah C/N terlalu rendah) tidak cukup senyawa sebagai sumber energi yang dapat dimanfaatkan mikroorganisme untuk mengikat seluruh nitrogen bebas. Dalam hal ini jumlah nitrogen bebas dilepaskan dalam bentuk gas NH<sub>3</sub> dan kompos yang dihasilkan mempunyai kualitas rendah. Apabila ketersediaan karbon berlebihan (C/N > 40) jumlah nitrogen sangat terbatas sehingga merupakan faktor pembatas pertumbuhan mikroorganisme. Proses dekomposisi menjadi terhambat karena kelebihan karbon pertama kali harus dibakar/dibuang oleh mikroorganisme dalam bentuk CO<sub>2</sub>. Dari hubungan antara C dan N yang hilang dalam proses pengomposan menunjukkan bahwa 85% dari total awal N kompos tersedia bagi mikroba untuk tumbuh dan 70% dari C tersedia hilang sebagai CO<sub>2</sub> selama proses immobilisasi (Sutanto, 2002)

### **2.6.4 Kelembaban Aerasi**

Bahan mentah yang baik untuk penguraian atau perombakan berkadar air 50- 70%. Bahan dari hijauan biasanya tidak memerlukan tambahan air, sedangkan cabang tanaman yang kering atau rumput-rumputan harus diberi air

saat dilakukan penimbunan. Kelembaban timbunan secara menyeluruh diusahakan sekitar 40-60% (Musnamar, 2006). Aerasi yang tidak seimbang akan menyebabkan timbunan berada dalam keadaan anaerob dan akan menyebabkan bau busuk dari gas yang banyak mengandung belerang (Djuarnani *et al.*, 2005). Kandungan kelembaban udara optimum sangat diperlukan dalam proses pengomposan. Kisaran kelembaban yang ideal adalah 40- 60 % dengan nilai yang paling baik adalah 50 %. Kelembaban yang optimum harus terus dijaga untuk memperoleh jumlah mikroorganisme yang maksimal sehingga proses pengomposan dapat berjalan dengan cepat. Apabila kondisi tumpukan terlalu lembab, tentu dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme karena molekul air akan mengisi rongga udara sehingga terjadi kondisi anaerobik yang akan menimbulkan bau. Bila tumpukan terlalu kering (kelembaban kurang dari 40%), dapat mengakibatkan berkurangnya populasi mikroorganisme pengurai karena terbatasnya habitat yang ada (Djuarnani *et al.*, 2005).

#### **2.6.5 Komposisi bahan**

Pengomposan dari beberapa macam bahan akan lebih baik dan lebih cepat. Pengomposan bahan organik dari tanaman akan lebih cepat bila ditambah dengan kotoran hewan. Ada juga yang menambah bahan makanan dan zat pertumbuhan yang dibutuhkan mikroorganisme sehingga selain dari bahan organik, mikroorganisme juga mendapatkan bahan tersebut dari luar (Indriani, 2007). Laju dekomposisi bahan organik juga tergantung dari sifat bahan yang akan dikomposkan. Sifat bahan tanaman tersebut diantaranya jenis tanaman, umur dan komposisi kimia tanaman. Semakin muda umur tanaman maka proses dekomposisi akan berlangsung lebih cepat. Hal ini disebabkan kadar airnya masih tinggi, kadar nitrogennya tinggi, imbangannya C/N yang sempit serta kandungan lignin yang rendah (Simamora dan Salundik, 2006).

#### **2.6.6 Keasaman (pH)**

Keasaman atau pH dalam tumpukan kompos juga mempengaruhi aktivitas mikroorganisme. Kisaran pH yang baik yaitu sekitar 6,5-7,5 (netral). Oleh karena itu, dalam proses pengomposan sering diberi tambahan kapur atau abu dapur untuk menaikkan pH (Indriani, 2007). Proses pengomposan dapat terjadi pada kisaran pH yang lebar. pH yang optimum untuk proses pengomposan berkisar antara 6.5 sampai 7.5. pH kotoran ternak umumnya berkisar antara 6.8 hingga 7.4. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan itu sendiri. Sebagai contoh, proses pelepasan asam, secara

temporer atau lokal, akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral (Wikipedia Indonesia, 2008).

### **2.6.7 Pengadukan dan Pembalikan Tumpukan**

Pengadukan sangat diperlukan agar cepat tercipta kelembapan yang dibutuhkan saat proses pengomposan berlangsung. Pengadukan pundapat menyebabkan terciptanya udara di bagian dalam tumpukan, terjadinya penguraian bahan organik yang mampat dan proses penguraian berlangsung merata. Hal ini terjadi karena lapisan pada bagian tengah tumpukan akan terjadi pengomposan cepat. Pembalikan sebaiknya dilakukan dengan cara pemindahan lapisan atas ke lapisan tengah, lapisan tengah ke lapisan bawah dan lapisan bawah ke lapisan atas (Musnamar, 2006). Pencampuran yang kurang baik dari komponen yang mempunyai tingkat kematangan berbeda harus dihindarkan karena menyebabkan terjadinya genangan di tempat-tempat tertentu, kehilangan struktur yang tidak seragam dan nisbah hara yang tidak seimbang dari tumpukan kompos. Pada kondisi yang menguntungkan, awal homogenisasi limbah dapat dilaksanakan pada saat pengumpulan limbah dan kemungkinan melalui proses penghalusan. Homogenisasi dan pencampuran bahandasar kompos dan bahan aditif sekaligus mengatur kandungan lengas dari bahan yang sudah matang (Sutanto, 2002).

### **2.6.8 Mikroorganisme**

Dilihat dari fungsinya, mikroorganisme mesofilik yang hidup pada temperatur rendah (10-45°C) berfungsi untuk memperkecil ukuran partikel bahan organik sehingga luas permukaan bahan bertambah dan mempercepat proses pengomposan. Sementara itu, bakteri termofilik yang hidup pada temperatur tinggi (45-65°C) yang tumbuh dalam waktu terbatas berfungsi untuk mengonsumsi karbohidrat dan protein sehingga bahan kompos dapat terdegradasi dengan cepat (Djuarnani *et al.*, 2005).

Mikroorganisme kelompok mesophilic dan thermophilic melakukan proses pencernaan secara kimiawi. Dimana bahan organik dilarutkan dan kemudian diuraikan. Cara kerjanya yaitu dengan mengeluarkan enzim yang dilarutkan kedalam selaput air (water film) yang melapisi bahan organik, enzim tersebut berfungsi menguraikan bahan organik menjadi unsur-unsur yang mereka serap. Karena terjadi dipermukaan bahan, maka proses penguraian ini akan mengakibatkan semakin luasnya permukaan bahan. Selanjutnya permukaan yang

semakin luas ini akan mempercepat proses perkembangbiakan mikroorganisme. Demikian seterusnya, semakin besar populasi mikroorganisme, semakin cepat pula proses pembusukan (Rochaeniet *al.*, 2008). Semua organisme hidup termasuk fungi memerlukan nutrisi untuk mendukung pertumbuhannya. Nutrien berupa unsur-unsur atau senyawa kimia dari lingkungan digunakan sel sebagai konstituen kimia penyusun sel. Secara umum, nutrisi yang diperlukan dalam bentuk karbon, nitrogen, sulfur, fosfor, kalium, magnesium, natrium, kalsium, nutrisi mikro (besi, mangan, zinc, kobalt, molibdenum) dan vitamin. Karbon, menempati posisi yang unik karena semua organisme hidup memiliki karbon sebagai salah satu senyawa pembangun tubuh (Gandjar *et al.*, 2006).