

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eceng gondok

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dikenal sebagai gulma air yang sering dianggap mengganggu. Tanaman ini dapat tumbuh dengan sangat cepat sehingga perlu dilakukan pengendalian agar tidak menimbulkan kerusakan pada lingkungan. Salah satu cara yang dinilai efektif untuk mengatasi masalah ini adalah dengan memanfaatkannya secara luas, misalnya dalam skala besar (Güereña et al., 2015).

Meski kerap dianggap sebagai tanaman pengganggu, eceng gondok sebenarnya memiliki banyak potensi, terutama dalam mendukung pelestarian lingkungan. Salah satu manfaat pentingnya adalah sebagai tanaman fitoremediasi, karena kemampuannya dalam menyerap dan mengikat berbagai polutan dari air, termasuk logam berat dan zat beracun lainnya (Rezania, Ponraj, et al., 2016). Tingkat efektivitas eceng gondok dalam menyerap polutan sangat bergantung pada kondisi lingkungan, seperti intensitas cahaya, suhu, dan kandungan unsur hara di perairan (Rezania, Taib, et al., 2016).

Di Indonesia, eceng gondok tumbuh liar di banyak perairan, terutama di wilayah dengan kandungan nutrisi tinggi seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Unsur-unsur hara tersebut menjadi salah satu faktor utama yang mendorong pertumbuhan cepat tanaman ini. Beberapa varietas eceng gondok bahkan mampu beradaptasi di perairan dengan salinitas yang relatif tinggi (Wang et al., 2015).

Selain berperan dalam pengendalian lingkungan, eceng gondok juga berpotensi dimanfaatkan sebagai pakan alternatif untuk ternak. Kandungan nutrisinya cukup baik, yakni protein kasar sekitar 9,8–12,0%, abu 11,9–12,9%, lemak kasar 1,1–3,3%, serta serat kasar yang tergolong tinggi, yaitu 16,8–24,6%. Tanaman ini juga mudah didapat karena melimpah di alam. Namun, hingga saat ini pemanfaatannya sebagai pakan ternak masih belum dimaksimalkan (Riswandi, 2014).

2.2 *Lactobacillus plantarum*

Bakteri asam laktat (BAL) secara fisiologis tergolong dalam kelompok bakteri gram positif, berbentuk bulat (kokus) atau batang, tidak membentuk spora, dan menghasilkan asam laktat sebagai produk utama dari fermentasi karbohidrat. Secara umum, BAL terdiri atas empat genus utama, yaitu *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, dan *Streptococcus*. Salah satu spesies BAL, *Lactobacillus plantarum*, memiliki efisiensi pemanfaatan substrat yang bervariasi tergantung pada jenis fermentasinya. Bakteri ini termasuk dalam kelompok homofermentatif, yang mampu mengkonversi hingga 95% glukosa dalam substrat menjadi asam laktat. Sementara itu, jenis BAL heterofermentatif dapat memanfaatkan sekitar 90% gula dari substrat yang difermentasi (Rahayu, 2010).

Lactobacillus plantarum merupakan salah satu spesies yang luas dari genus *Lactobacillus*, dan sering ditemukan dalam berbagai produk makanan hasil fermentasi serta pada bahan tanaman yang bersifat anaerob. Bakteri ini juga dapat ditemukan dalam air liur manusia. Secara morfologi, *Lactobacillus plantarum* adalah bakteri gram positif berbentuk batang dengan ujung membulat, yang dapat muncul secara tunggal, berpasangan, atau dalam rantai pendek. Spesies ini dikenal memiliki genom yang tergolong paling besar di antara bakteri asam laktat, menjadikannya organisme yang sangat adaptif dan multifungsi. Pertumbuhannya diperkirakan dapat berlangsung dalam rentang pH antara 3,4 hingga 8,8 (Frankreful, 2002).

Lactobacillus plantarum termasuk dalam kelompok bakteri asam laktat (BAL) dan dikenal sebagai penghasil asam laktat yang umum dimanfaatkan dalam proses fermentasi mocaf. Bakteri ini bersifat amilolitik, yang berarti mampu mengubah pati secara langsung menjadi asam laktat. Selain itu, *L. plantarum* dapat berfungsi sebagai starter dalam fermentasi untuk meningkatkan produksi asam laktat (Reddy et al., 2003). Pada media agar, bakteri ini membentuk koloni berwarna putih dengan diameter sekitar 2–3 mm, dan dikenal sebagai pembentuk asam laktat. *Lactobacillus plantarum* juga memiliki kemampuan untuk memecah senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, dengan produk akhirnya berupa asam laktat (Nguyen et al., 2007).

2.3 pH Silase

pH pada silase adalah ukuran tingkat keasaman silase, yang merupakan indikator krusial dalam menentukan keberhasilan dan kualitas proses fermentasi pakan ternak. Singkatnya, pH menunjukkan seberapa asam silase tersebut (Ilmiah et al., 2015).

Secara umum, silase yang berkualitas baik memiliki nilai pH di antara 3.8 hingga 4.2. Beberapa sumber bahkan mengategorikan pH di bawah 4.5 sebagai kriteria silase yang baik (Rusdi et al., 2021). Kisaran ini menunjukkan bahwa proses fermentasi berjalan optimal dengan dominasi produksi asam laktat.

Jika nilai pH silase:

- a) Terlalu tinggi (misalnya di atas 4.5-5.0): Ini mengindikasikan fermentasi yang tidak sempurna atau adanya kontaminasi mikroba yang tidak diinginkan, sering kali ditandai dengan bau busuk atau berjamur, dan penurunan kualitas nutrisi.
- b) Terlalu rendah (di bawah 3.5): Meskipun jarang, pH yang terlalu rendah bisa terjadi jika ada terlalu banyak gula dan bakteri asam laktat yang sangat aktif, namun ini biasanya tidak seberbahaya pH yang terlalu tinggi.

Dengan demikian, pengukuran pH adalah salah satu cara paling penting dan cepat untuk mengevaluasi kualitas silase dan memastikan pakan yang diberikan kepada ternak aman dan bergizi.

2.4 Warna Silase

Warna silase dapat dijadikan salah satu indikator kualitas fisik silase. Silase yang memiliki warna mendekati warna bahan asalnya umumnya menunjukkan kualitas yang baik, sedangkan silase yang mengalami perubahan warna secara signifikan dapat mengindikasikan terjadinya penurunan mutu (Minson, 2012; McDonald et al., 2011). Menurut Hynd (2019), silase yang berkualitas baik memiliki warna yang hampir serupa dengan bahan segar sebelum proses ensilase.

Namun demikian, perubahan warna juga dapat dipengaruhi oleh penambahan bahan aditif selama proses pembuatan silase (Collins & Moore, 2018). Warna silase dapat berubah akibat aktivitas respirasi aerobik yang terjadi selama masih terdapat oksigen dalam silase. Selama tahap ini, gula dalam tanaman akan

dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air, serta menghasilkan panas. Proses ini berlangsung hingga oksigen habis atau gula tanaman habis terpakai (Kojo et al., 2015). Selanjutnya, selama proses fermentasi anaerobik, panas tetap dihasilkan, sehingga suhu silase dapat meningkat dan menyebabkan perubahan warna lebih lanjut (McDonald et al., 2011; Collins & Moore, 2018). Kondisi ini dapat menyebabkan warna silase berubah menjadi coklat tua hingga kehitaman, yang menunjukkan proses fermentasi yang tidak optimal atau bahkan terjadi kerusakan pada silase.

Silase disimpan di tempat teduh, terlindung dari sinar matahari, dengan suhu ruangan normal (20–25 °C), sehingga tidak ada efek negatif pada kualitas silase. Menurut Kojo et al. (2015), suhu yang tidak terkontrol, misalnya mencapai 55 °C, dapat membuat silase berubah warna menjadi cokelat tua hingga hitam. Kondisi ini juga dapat menurunkan kandungan nutrisi karena banyak karbohidrat yang hilang. Wati et al. (2018) menambahkan bahwa warna hijau cerah atau hijau kecokelatan merupakan warna normal untuk silase berbahan rumput segar, sedangkan warna kuning kecokelatan biasanya terlihat pada silase dari rumput yang dilayukan.

Berikut ini adalah klasifikasi warna silase beserta interpretasinya:

Warna Silase	Interpretasi
Hijau kekuningan	Fermentasi berjalan optimal. Warna alami terjaga, pH stabil, aroma asam segar.
Cokelat muda	Terjadi sedikit oksidasi, namun kualitas masih baik. Dapat digunakan sebagai pakan.
Kuning Kecokelatan	Fermentasi terlalu panas atau bahan terlalu kering. Kandungan protein bisa menurun.
Abu-abu gelap	Fermentasi kurang baik. Kemungkinan ada masuknya oksigen, kualitas menurun.
Hitam / Berjamur	Tanda silase busuk atau terkontaminasi jamur. Tidak layak untuk pakan ternak.

2.5 Aroma Silase

Aroma merupakan salah satu indikator penting dalam menilai keberhasilan proses ensilase dan kualitas akhir silase. Silase yang berkualitas baik umumnya memiliki aroma asam khas fermentasi atau wangi segar yang menandakan proses fermentasi berlangsung secara optimal (Collins & Moore, 2018). Aroma tersebut muncul akibat terbentuknya asam organik selama proses fermentasi oleh aktivitas bakteri anaerob (McDonald et al., 2011).

Menurut Wati et al. (2018), Collins & Moore (2018), dan Hynd (2019), aroma asam yang dihasilkan dari fermentasi berkorelasi dengan nilai pH silase yang berada dalam kisaran 4,50 hingga 3,50. Aroma asam segar ini menunjukkan adanya kondisi anaerob yang baik dan perkembangan fermentasi yang mendukung stabilitas dan kualitas silase.

Collins & Moore (2018) juga mengemukakan bahwa terdapat empat kategori penilaian aroma silase, yaitu: sangat wangi, wangi, asam, dan bau tidak sedap. Aroma segar dengan sedikit keasaman umumnya dikaitkan dengan kualitas silase yang baik (Hynd, 2019). Sebaliknya, aroma menyengat, busuk, atau tidak sedap menandakan adanya gangguan dalam proses fermentasi, seperti kontaminasi oksigen atau pertumbuhan mikroorganisme pembusuk.

Lama inkubasi juga berpengaruh terhadap aroma silase. Semakin lama fermentasi berlangsung, umumnya aroma silase akan menjadi lebih asam, terutama karena peningkatan produksi asam laktat oleh bakteri asam laktat (Wati et al., 2018). McDonald et al. (2011) menegaskan bahwa silase yang memiliki aroma asam segar mencerminkan proses ensilase yang berjalan **optimal dan** menghasilkan produk akhir yang berkualitas.

2.6 Tekstur Silase

Tekstur merupakan salah satu indikator penting dalam menilai kualitas fisik silase. Tekstur yang lembut, tidak menggumpal, dan tidak berlendir menunjukkan bahwa proses fermentasi berjalan dengan baik serta kadar air pada bahan baku silase berada pada tingkat yang optimal (Minson, 2012). Tekstur silase sangat dipengaruhi oleh kadar air pada hijauan yang digunakan. Kadar air yang terlalu tinggi dapat menyebabkan silase menjadi lunak, berair, dan berlendir, serta meningkatkan risiko tumbuhnya jamur (Sadarman et al., 2022; Hynd, 2019).

Menurut Minson (2012), tekstur silase yang sedikit keras dapat menandakan bahwa kadar airnya telah cukup rendah, dan tidak terdapat lendir, sehingga mengindikasikan kualitas silase yang baik. Fermentasi yang berlangsung dalam waktu singkat juga cenderung menghasilkan silase dengan kadar air lebih rendah, sehingga teksturnya sedikit lebih keras (Hynd, 2019). Kojo et al. (2015) menyatakan bahwa silase yang baik tidak memiliki tekstur lembek, tidak menggumpal, tidak berair, dan bebas dari jamur.

Sebaliknya, kadar air hijauan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan banyak air tirisan, yang meningkatkan kandungan oksigen di dalam silo. Hal ini mengganggu kondisi anaerob, memperburuk fermentasi, dan menyebabkan silase menjadi lunak serta berlendir, yang pada akhirnya menurunkan kualitasnya (Minson, 2012; Hynd, 2019).

2.7 jamur Silase

Kehadiran jamur dalam silase merupakan indikator terjadinya kerusakan silase. Menurut Minson (2012), jamur berkembang pada bagian silase yang mengalami gangguan dalam proses fermentasi atau kontaminasi oksigen. McDonald et al. (2011) menjelaskan bahwa organisme pembusuk seperti jamur dapat tumbuh apabila terdapat oksigen di dalam silo. Hal ini dapat disebabkan oleh penutupan silo yang tidak rapat, bentuk silo yang terbuka, atau pemadatan yang kurang optimal.

Menurut Collins dan Moore (2018), bagian permukaan silo sering kali menjadi tempat pertumbuhan jamur karena rentan terhadap masuknya oksigen. Kondisi ini menyebabkan proses ensilase tidak sepenuhnya berlangsung secara anaerob. Hynd (2019) menambahkan bahwa keberadaan oksigen memungkinkan jamur memfermentasi asam laktat dan karbohidrat yang mudah larut, sehingga mengganggu stabilitas dan kualitas silase.

2.8 Palatabilitas Ternak

Palatabilitas merupakan kemampuan suatu pakan untuk menarik perhatian dan meningkatkan konsumsi oleh ternak, yang ditentukan oleh faktor organoleptik seperti warna, aroma, rasa, tekstur, dan suhu (Yusmadi et al., 2008). Palatabilitas tidak hanya mencerminkan rasa lapar fisiologis, tetapi juga keinginan atau selera

makan yang bersifat psikologis. Pakan yang palatable cenderung dikonsumsi lebih banyak dan lebih cepat oleh ternak.

Fajar Sukma dkk. (2023) mendefinisikan palatabilitas sebagai respon hewan terhadap pakan yang diberikan, yang dapat diamati melalui tingkat konsumsi. Respon ini tidak hanya berlaku bagi ruminansia, tetapi juga hewan mamalia lain, tergantung pada sifat fisik dan kimia pakan. Menurut Fajar Sukma dkk. (2023), palatabilitas merupakan gabungan dari berbagai rangsangan seperti penglihatan, aroma, sentuhan, dan rasa, serta dipengaruhi oleh karakteristik pakan, baik secara fisik maupun kandungan nutrisinya.

Rasa pakan dapat dikategorikan menjadi manis, asam, asin, dan pahit, yang secara umum dipengaruhi oleh bau. Bau atau aroma berasal dari komponen volatil yang mudah menguap, dan lebih banyak dirasakan melalui indera penciuman (Winarno, 1992). Aroma yang diterima dengan baik oleh ternak biasanya berupa campuran bau harum, asam ringan, dan tidak menyengat.

Respons terhadap rasa juga berbeda antar spesies. Domba cenderung menunjukkan preferensi terhadap rasa manis dalam jumlah kecil, sapi memiliki preferensi kuat terhadap rasa manis dan sedang terhadap rasa asam, rusa menyukai rasa manis dan sedikit asam, sementara kambing menunjukkan penerimaan terhadap semua rasa tersebut (Fajar Sukma dkk. 2023).

2.9 penelitian terdahulu

Irawati et al. (2019) melakukan penelitian mengenai penerapan teknik ensilase pada gulma air tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa silase *total mixed ration* (TMR) berbasis eceng gondok mampu menggantikan pakan konvensional yang biasanya terdiri dari konsentrat dan rumput. Penambahan inokulan *Lactobacillus plantarum* sebanyak 2% (v/b) atau 20 ml/kg menghasilkan peningkatan kadar asam laktat sebesar 38,1% dan penurunan pH secara signifikan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terkait penggunaan inokulan bakteri asam laktat (BAL) pada silase TMR eceng gondok guna mempercepat penurunan pH menjadi asam, sehingga dapat mengurangi risiko penurunan nilai nutrisi silase.

Mutmainah, Muktiani, dan Prasetyono (2014) telah melakukan penelitian mengenai kualitas fisik dan pH silase *total mixed ration* (TMR) berbasis eceng

gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan penambahan inokulan *L. plantarum* di bawah kondisi laboratorium. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan inokulan *L. plantarum* terhadap kualitas fisik dan pH silase TMR berbasis eceng gondok. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan starter *L. plantarum* menghasilkan silase yang secara fisik dan organoleptik sama dengan tanpa starter, serta pH silase yang baik dapat tercapai pada hari ke-12 pemeraman. Secara deskriptif, aroma silase yang diberi inokulan (A2) tercium lebih asam daripada kontrol (A1) pada setiap unit percobaan. Warna silase A1 dan A2 cenderung sama, yaitu hijau kecoklatan. Tekstur A2 lebih remah dari A1. Keberadaan jamur masih dapat ditoleransi, yaitu 0,9-1,14% dari total silase. Suhu silase A2 cenderung lebih rendah daripada A1 dengan selisih 0,08-0,5 °C. Derajat keasaman ideal tercapai pada hari ke-12 dengan pH 4,56, dan pH terbaik pada hari ke-16 (4,24) serta hari ke-20 (4,11).

Widiarso et al. (2023) dalam penelitiannya tentang silase limbah sayur kol, menemukan bahwa penambahan *Lactobacillus plantarum* dengan level yang berbeda (0, 10, dan 20 ml/kg) secara signifikan ($P < 0,05$) mampu menurunkan nilai pH silase. Penurunan pH ini sangat krusial karena menunjukkan keberhasilan fermentasi asam laktat, yang menghambat pertumbuhan bakteri putrefaktif dan mempertahankan nutrisi

Nurkholis et al. (2018) dalam penelitiannya tentang silase kulit pisang kepok, menemukan bahwa inokulasi *L. plantarum* dengan konsentrasi 104, 105, dan 106 CFU/ml mampu menurunkan nilai pH silase secara signifikan ($P < 0,05$). Penurunan pH yang cepat ke kisaran asam adalah indikator keberhasilan fermentasi dan kunci pengawetan bahan pakan, karena menghambat pertumbuhan bakteri putrefaktif