

TEKNOLOGI TEPAT GUNA

Pembuatan Silase dan Hay
dari Brangkasan Ubi Jalar

Pada konsep pertanian Bio-industri, tanaman ubi jalar berpotensi untuk dimanfaatkan dalam upaya menyelesaikan permasalahan pangan, pakan ternak dan energi pada abad 21. Brangkasan ubi jalar segar tersedia dalam volume yang cukup besar serta memiliki kandungan nutrisi yang baik sehingga dapat digunakan sebagai pakan ternak. Umumnya brangkasan ubi jalar tersedia secara melimpah pada musim penghujan, akan tetapi jumlahnya berkurang pada musim kemarau. Oleh karena itu diperlukan adanya proses pengawetan brangkasan ubi jalar dalam bentuk silase dan hay. Pembuatan silase dan hay brangkasan ubi jalar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan hijauan dalam kualitas baik pada musim kemarau agar dapat mempertahankan produktivitas ternak.

Buku ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan kajian yang mengemukakan mengenai strategi pembuatan silase dan hay yang baik dengan tambahan informasi yaitu deskripsi beberapa kultivar ubi jalar, tahapan pengawetan dan mikroorganism pada silase.

TEKNOLOGI TEPAT GUNA Pembuatan Silase dan Hay dari Brangkasan Ubi Jalar

TEKNOLOGI TEPAT GUNA

Pembuatan Silase dan Hay
dari Brangkasan Ubi Jalar



**TEKNOLOGI TEPAT GUNA :
PEMBUATAN SILASE DAN HAY DARI
BRANGKASAN UBI JALAR**

**Nurita Thiasari
Edyson Indawan
Sri Umi Lestari
Pramono Sasongko**

**Delta Pajar Khatulistiwa
2019**

**TEKNOLOGI TEPAT GUNA :
PEMBUATAN SILASE DAN HAY DARI BRANGKASAN UBI JALAR**

©Delta Pijar Khatulistiwa
Sidoarjo 2019
154 halaman, 14,8 x 21 cm

ISBN: 978-623-92301-2-8

Penulis:

Nurita Thiasari
Edyson Indawan
Sri Umi Lestari
Pramono Sasongko

Editor :

Erik Priyo Santoso S.Pt., MP

Tata letak & Desain cover:

Tim Delta Pijar Khatulistiwa

Diterbitkan oleh:

Delta Pijar Khatulistiwa

Jenggot Selatan, Kavling No.14
Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo
Email: deltapijar@gmail.com
Anggota IKAPI No : 225/JTI/2019

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau
Seluruh isi buku ini dengan cara apapun,
Tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan pertama, Desember 2019

Distributor:

Delta Pijar Khatulistiwa

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas terselesainya penyusunan buku TEKNOLOGI TEPAT GUNA: Pembuatan Silase dan Hay dari Brangkasian Ubi Jalar. Sebuah buku yang layak dibaca oleh mahasiswa maupun khalayak umum yang ingin mempelajari mengenai pembuatan silase dan hay dari brangkasian ubi jalar sebagai pakan ternak. Buku ini mengemukakan mengenai strategi pembuatan silase dan hay yang baik dengan tambahan informasi yaitu deskripsi beberapa kultivar ubi jalar, tahapan pengawetan dan mikroorganisme pada silase.

Pada buku ini adalah bagian dari hasil Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) yang dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, dengan judul: Pengembangan Ubi Jalar untuk Penyediaan Pangan, Pakan dan Bioetanol bagi Pembangunan Pertanian Berkonsep Bioindustri, berdasarkan Kontrak Penelitian No 31/TB-LPPM/TU-220/III/2019 tertanggal 26 Maret

2019. Penulisan buku buku Teknologi Tepat Guna ini mengacu pada surat tugas LPPM No. 249/TB-PPM-120/IV/2019 tertanggal 25 April 2019, sebagai luaran wajib yang dijanjikan.

Penyusun menyampaikan rasa terima kasih kepada rekan-rekan. Penulis berharap semoga buku ini memberi manfaat bagi pembaca dan mohon maaf apabila terdapat kesalahan dan kekeliruan dalam penulisan.

Malang, November 2019

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB 1. BRANGKASAN UBI JALAR.....	1
BAB 2. SILASE.....	12
2.1 Silase dengan proses fermentasi secara alami	18
2.2 Silase dengan perlakuan aditif.....	21
BAB 3. TAHAPAN PENGAWETAN PADA SILASE.....	35
3.1 Fase Aerobik.....	35
3.1.1 Respirasi	36

3.1.2 Proteolisis	40
3.2 Fase Fermentasi	42
3.3 Fase Stabil	47
3.4 Fase <i>Feedout</i> atau Fase Pembersukan Aerobik.....	48
BAB 4. MIKROORGANISME PADA SILASE.....	52
4.1 Bakteri Asam Laktat (BAL).....	52
4.2 Clostridia.....	54
4.3 <i>Enterobacteriaceae</i>	58
4.4 Khamir dan Kapang.....	60
4.5 Mikroorganisme Lain pada Silase yang Berpotensi Menyebabkan Penyakit pada Ternak.....	64
BAB 5. STRATEGI PEMBUATAN SILASE YANG BAIK	68
5.1 Sepuluh Tahapan Pembuatan Silase	68
5.2 Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan dalam Pembuatan Silase.....	84
5.3 Silase Brangkasan Ubi Jalar	87
BAB 6. HAY	99
6.1 Prinsip Pembuatan Hay	99
6.2 Tujuan dalam Pengawetan Hijauan Pakan Ternak dalam bentuk Hay	102

6.3 Kandungan Nutrisi yang Hilang Dalam Proses Pembuatan Hay	104
6.4 Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan dalam Pembuatan Hay	109
6.5 Bahan Aditif dalam Pembuatan Hay	111
6.5 Hay Brangkas Ubi Jalar.....	116
DAFTAR PUSTAKA	121
GLOSARIUM	125
INDEX	130
PROFIL PENULIS.....	138

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Deskripsi beberapa varietas ubi jalar di Indonesia ~ 5

Tabel 2. Produksi Segar dan Produksi Bahan Kering Brangkasian Ubi Jalar dari Beberapa Kultivar dengan Interval Pemangkasian yang Berbeda ~ 7

Tabel 3. Kandungan Nutrisi Brangkasian Ubi Jalar dari Beberapa Jenis Kultivar dengan Interval Pemangkasian yang Berbeda ~ 10

Tabel 4. Macam bahan aditif silase yang dapat menstimulasi proses fermentasi (STIMULAN) ~ 28

Tabel 5. Bahan aditif silase yang dapat menghambat proses fermentasi (INHIBITOR) ~ 32

Tabel 6. Beberapa spesies Bakteri Asam Laktat yang dapat ditemukan pada silase ~ 53

Tabel 7. Beberapa jenis jamur yang dapat ditemukan pada silase serta mikotoksin yang dihasilkan ~ 62

Tabel 8. Kandungan Nutrisi Silase Brangkasan Ubi Jalar dari Beberapa Kultivar pada Interval Pemangkasan yang Berbeda dengan Penambahan Umbi ~ 88

Tabel 9. Nilai DMD, OMD, TDN dan pH Silase Brangkasan Ubi Jalar dari Beberapa Kultivar pada Interval Pemangkasan yang Berbeda dengan Penambahan Umbi ~ 93

Tabel 10. Kandungan Nutrisi Hay Brangkasan Ubi Jalar dari Beberapa Kultivar pada Interval Pemangkasan yang Berbeda ~ 117

Tabel 11. Nilai DMD, OMD dan TDN Hay Brangkasan Ubi Jalar dari Beberapa Kultivar pada Interval Pemangkasan yang Berbeda ~ 119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Morfologi tanaman ubi jalar ~ 3

Gambar 2. (a) Tanaman Ubi Jalar Kultivar Kuningan Putih, (b) Tanaman Ubi Jalar Kultivar Kuningan Merah dan (c) Tanaman Ubi Jalar Kultivar Beta 2 yang dipanen pada 90 Hari Setelah Tanam (HST) ~ 6

Gambar 3. Beberapa Kultivar Tanaman Ubi Jalar (a) BIS OP-61, (b) 73-OP-5, (c) BIS OP-61-♀29, dan (d) BIS OP-61-OP-22 yang dipanen pada 90 Hari Setelah Tanam (HST) ~ 9

Gambar 4. Klasifikasi silase ~ 18

Gambar 5. Tahapan yang terjadi dalam pembuatan silase yang baik ~ 46

Gambar 6. Penyimpanan silase menggunakan (a) kantong plastik dan (b) drum plastik ~ 76

Gambar 7. (a) silo kotak atau beton dan (b) bunker silo ~ 78

Gambar 8. Silase Brangkasan Ubi Jalar ~ 98

Gambar 9. Struktural Kutikula Tanaman ~ 113

Gambar 10. Hay Brangkas Ubi Jalar ~ 117

BAB I

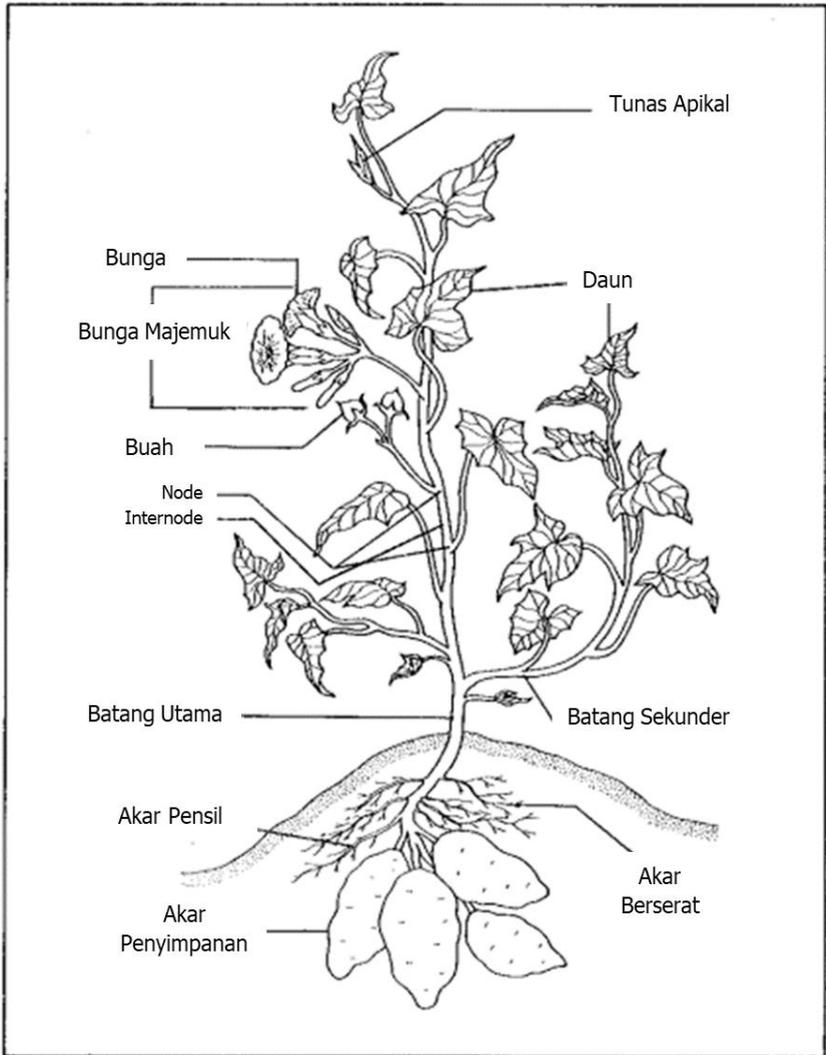
BRANGKASAN UBI JALAR

Ubi jalar [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] adalah salah satu tanaman tropis potensial di negara berkembang dalam hal produksi total, waktu tanam yang relatif singkat dengan pertumbuhan vegetatif 4-5 bulan, memiliki kemampuan untuk bersaing yang tinggi terhadap gulma serta dapat beradaptasi pada berbagai ketinggian tempat dan suhu. Ubi jalar dibudidayakan untuk dimanfaatkan umbinya sebagai bahan pangan serta pati (umbi) untuk bahan bakar. Bagian tanaman ubi jalar yaitu brangkasan memiliki nilai gizi yang baik sehingga dapat digunakan untuk pakan ternak. Brangkasan merupakan limbah pertanian atau sisa bagian tanaman yang berupa daun, batang dan akar yang tidak dipanen. Umumnya jumlah brangkasan melimpah sehingga potensial digunakan sebagai pakan ternak. Di banyak negara, brangkasan ubi jalar digunakan sebagai pakan ternak seperti sapi, kambing dan babi.

Ubi jalar [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] merupakan tanaman dikotil yang termasuk dalam bagian *Convolvulaceae*. Tanaman ubi

jalar dapat dibagi menjadi tiga bagian dasar, yang masing-masing memiliki fungsinya sendiri. Di bagian atas tanah terdapat kanopi yang berperan aktif dalam proses fotosintesis untuk menyerap energi cahaya dan mengubahnya menjadi bentuk kimia yang dapat dimanfaatkan (senyawa karbon); tangkai dan bagian tanaman yang merambat berperan dalam mengangkut energi dan nutrisi yang diperoleh oleh dari akar, dari satu bagian ke bagian lain dari tanaman. Di bagian bawah tanah, sistem perakaran berperan dalam menyerap air dan nutrisi serta berfungsi sebagai jangkar untuk tanaman. Sistem perakaran juga berperan dalam menyimpan energi berlebih, yaitu energi yang tidak lagi diperlukan untuk proses pemeliharaan atau pengembangan struktural pada tanaman. Energi disimpan dalam bentuk karbohidrat pada bagian akar.

Sistem perakaran ubi jalar terdiri dari akar berserat (*fibrous root*) yang berfungsi untuk menyerap nutrisi dan air serta berperan sebagai jangkar pada tanaman, dan akar penyimpanan (*storage root*) yang merupakan akar lateral serta tempat menyimpan produk hasil fotosintesis. Sistem perakaran pada tanaman ubi jalar diperoleh melalui perbanyakan vegetatif dimulai dengan akar adventif yang berkembang menjadi akar berserat, yang kemudian bercabang menjadi akar lateral. Saat tanaman menjadi dewasa, terjadi penebalan akar pensil (*pencil root*) akibat dari proses produksi lignin. Pada bagian akar lain yang tidak terjadi proses lignifikasi akan terbentuk timbunan karbohidrat dalam jumlah banyak kemudian menebal yang disebut akar penyimpanan.



Sumber: Huaman (1992)

Gambar 1. Morfologi tanaman ubi jalar

Ubi jalar dapat memperbanyak diri melalui tiga cara. Reproduksi aseksual melalui tunas yang tumbuh dari akar penyimpanan atau menumbuhkan akar dari bagian node untuk menghasilkan tanaman baru. Tanaman dewasa dipotong (30-45 cm), daun bagian bawah dihilangkan. kemudian dua pertiga bagian dari potongan ditanam ke tanah secara miring. Reproduksi seksual melalui produksi biji yang berasal dari bunga. Bunga berbentuk terompet muncul secara tunggal atau bunga majemuk yang tumbuh secara vertikal. Bunga dewasa mekar sebelum fajar, bertahan beberapa jam kemudian layu sebelum siang hari pada hari yang sama. Oleh karena bunga mekar dalam waktu yang sangat singkat, kemungkinan terjadinya kegagalan penyerbukan yang dilakukan oleh serangga cukup tinggi menyebabkan produksi biji sulit. Buah tanaman ubi jalar berbentuk kapsul (diameter 5-8 mm), berisi 1-2 biji berwarna hitam (panjang 3 mm). Lapisan luar biji yang sangat keras, tahan air dan oksigen sehingga sulit untuk berkecambah. Oleh karena itu metode perbanyakan aseksual lebih banyak digunakan oleh petani.

Proses domestikasi, seleksi, serta terjadinya hibridisasi dan mutasi alami terhadap ubi jalar telah menghasilkan variasi kultivar yang sangat beragam. Kultivar berbeda satu sama lain dalam hal warna kulit umbi (putih, krem, coklat, kuning, merah atau ungu), atau daging umbi (putih, krem, kuning, oranye atau ungu kemerahan), ukuran serta bentuk akar dan daun, kedalaman tumbuh dari umbi, waktu panen, ketahanan terhadap hama dan penyakit. Tabel 1 berisi informasi mengenai deskripsi beberapa kultivar ubi jalar di Indonesia.

Tabel 1. Deskripsi beberapa kultivar ubi jalar di Indonesia.

No	Kultivar	Deskripsi
1	Kuningan Putih*	Ubi jalar jenis ini memiliki ciri kulit umbi berwarna krem dengan umbi berwarna kuning pucat. Kerangka daun berbentuk hati dengan tepi cuping yang sangat dangkal, daun berwarna hijau.
2	Beta 1**	Ubi jalar jenis ini dapat dipanen pada umur 4,0-4,5 bulan, dengan ciri kulit umbi berwarna merah dan umbi berwarna orange tua. Kerangka daun berbentuk segitiga sama sisi, daun berwarna hijau.
3	Beta 2**	Ubi jalar jenis ini dapat dipanen pada umur 4,0-4,5 bulan, dengan ciri kulit umbi berwarna merah dan umbi berwarna orange. Kerangka daun berbentuk cuping yang berlekuk dangkal, daun berwarna hijau
4	Sari**	Ubi jalar jenis ini dapat dipanen pada umur 3,5-4 bulan, dengan ciri kulit umbi berwarna merah dan umbi berwarna kuning tua. Kerangka daun berbentuk segitiga sama sisi dengan tepi daun yang berlekuk dangkal, daun berwarna hijau dan terdapat warna ungu melingkar pada bagian tepi daun.
5	Boko**	Ubi jalar jenis ini dapat dipanen pada umur 4,0-4,5 bulan, dengan ciri kulit umbi berwarna merah dan umbi berwarna krem. Kerangka daun berbentuk cuping dengan tepi daun yang berlekuk sedang, daun berwarna hijau.

6	Jago**	Ubi jalar jenis ini dapat dipanen pada umur 4,0-4,5 bulan, dengan ciri kulit umbi berwarna putih dan umbi berwarna kuning muda. Kerangka daun berbentuk cuping dengan tepi daun yang berlekuk dalam, daun berwarna hijau.
---	--------	---

Sumber: *Berita Resmi PVT Pendaftaran Varietas Lokal No. Publikasi: 021/BR/PVL/6/2008

**Deskripsi Varietas Unggul Ubi Jalar 1977-2016.



(a)

(b)

(c)

Gambar 2.

**(a) Tanaman Ubi Jalar Kultivar Kuningan Putih,
 (b) Tanaman Ubi Jalar Kultivar Kuningan Merah dan
 (c) Tanaman Ubi Jalar Kultivar Beta 2 yang dipanen pada 90
 Hari Setelah Tanam (HST)**

Secara umum siklus pertumbuhan ubi jalar berlangsung antara 3,5 hingga 7 bulan melalui tiga tahap, yaitu:

1. Tahap awal penanaman hingga pembentukan umbi memerlukan waktu 40 hingga 60 hari.
2. Tahap pembentukan umbi hingga waktu pertumbuhan daun maksimum (60–120 hari).
3. Tahap perkembangan daun maksimum hingga perkembangan total umbi memerlukan waktu 45 hingga 90 hari.

Pada umumnya tanaman ubi jalar dapat dipanen pada 100 hingga 150 hari. Pada beberapa kultivar, umbi ubi jalar dapat dipanen dengan hasil yang baik pada 90 hari setelah tanam hingga 180 hari setelah tanam atau lebih.

Tabel 2.
Produksi Segar dan Produksi Bahan Kering Brangkasian Ubi Jalar dari Beberapa Kultivar dengan Interval Pemangkasian yang Berbeda.

Interval Pemangkasian (Hari Setelah Tanam)	Kultivar	Produksi Segar (kg/tanaman)	Produksi Segar (t/ha)	Produksi Bahan Kering (BK) (t/ha)
80	Kuningan Putih	0,30	11,91	1,47
	BETA 2	0,28	11,26	1,45
	Kuningan Merah	0,57	22,67	2,32
	BIS OP-61	0,63	25,29	2,87

	73-OP-5	0,49	19,55	2,14
	BIS OP-61-♀-29	0,55	22,04	2,25
	BIS OP-61-OP-22	0,34	13,79	1,73
90	Kuningan Putih	0,27	10,80	1,36
	BETA 2	0,37	14,72	1,91
	Kuningan Merah	0,60	24,13	2,60
	BIS OP-61	0,66	26,31	3,08
	73-OP-5	0,33	13,06	1,62
	BIS OP-61-♀-29	0,45	18,18	1,90
	BIS OP-61-OP-22	0,28	11,14	1,36
120	Kuningan Putih	0,19	7,67	1,01
	BETA 2	0,25	9,91	1,32
	Kuningan Merah	0,58	23,20	2,91
	BIS OP-61	0,52	20,87	2,52
	73-OP-5	0,46	18,53	2,49
	BIS OP-61-♀-29	0,41	16,48	1,97
	BIS OP-61-OP-22	0,25	9,85	1,57
150	Kuningan Putih	0,12	4,75	0,69
	BETA 2	0,16	6,57	0,91
	Kuningan Merah	0,42	16,66	1,98
	BIS OP-61	0,63	25,02	3,24
	73-OP-5	0,21	8,44	1,19
	BIS OP-61-♀-29	0,37	14,79	2,02
	BIS OP-61-OP-22	0,26	10,30	1,56



(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 3. Beberapa Kultivar Tanaman Ubi Jalar
(a) BIS OP-61, (b) 73-OP-5, (c) BIS OP-61-♀-29, dan (d) BIS OP-
61-OP-22 yang dipanen pada 90 Hari Setelah Tanam (HST)**

Tabel 3.

Kandungan Nutrisi Brangkas Ubi Jalar dari Beberapa Jenis Kultivar dengan Interval Pemangkas yang Berbeda.

Interval Pemangkas (Hari Setelah Tanam)	Kultivar	BK (%)	BO (%)	Abu (%)	PK (%)	SK (%)	LK (%)
80 HST	Kuningan Putih	12,48	83,09	16,91	17,19	27,34	4,47
	BETA 2	13,07	79,79	20,21	22,60	23,92	3,83
	Kuningan Merah	10,27	82,77	17,23	22,88	19,78	4,27
	BIS OP-61	11,23	85,36	14,64	19,36	21,72	4,29
	73-OP-5	10,81	82,86	17,14	17,53	21,18	4,00
	BIS OP-61-♀-29	10,39	82,84	17,16	18,08	27,72	4,25
	BIS OP-61-OP-22	12,41	83,54	16,46	19,99	19,24	4,11
90 HST	Kuningan Putih	13,08	87,35	12,65	18,45	24,14	3,99
	BETA 2	13,16	86,21	13,79	17,32	25,47	4,59
	Kuningan Merah	10,81	85,43	14,57	19,64	19,28	4,04
	BIS OP-61	11,60	87,94	12,06	19,29	19,33	3,89
	73-OP-5	12,60	86,83	13,17	15,23	20,36	5,02
	BIS OP-61-♀-29	10,67	86,19	13,81	20,37	20,53	3,94
	BIS OP-61-OP-22	12,12	87,54	12,46	16,71	20,12	3,75
120 HST	Kuningan Putih	13,88	84,66	15,34	17,86	19,33	3,80
	BETA 2	14,38	85,50	14,50	16,18	18,15	4,11
	Kuningan Merah	13,16	85,85	14,15	19,45	17,13	3,71
	BIS OP-61	12,27	88,24	11,76	17,41	21,23	3,57
	73-OP-5	13,74	86,83	13,17	18,86	14,86	4,04
	BIS OP-61-♀-29	12,70	87,02	12,98	14,09	18,81	3,48
	BIS OP-61-OP-22	16,20	88,12	11,88	14,69	14,53	4,26
150 HST	Kuningan Putih	14,26	86,32	13,68	12,35	21,09	3,87
	BETA 2	16,23	83,15	16,85	14,92	17,19	4,06
	Kuningan Merah	12,48	83,96	16,04	15,19	27,84	3,71
	BIS OP-61	12,74	86,25	16,04	11,33	24,90	2,92
	73-OP-5	14,18	84,96	15,04	11,19	25,96	4,07
	BIS OP-61-♀-29	13,39	82,47	17,53	13,38	23,10	3,19
	BIS OP-61-OP-22	16,27	86,15	13,85	13,24	23,81	3,50

Keterangan: BK (Bahan Kering), BO (Bahan Organik), PK (Protein Kasar), SK (Serat Kasar) dan LK (Lemak Kasar)

Hijauan yang digunakan sebagai pakan ternak ruminansia umumnya ditentukan oleh ketersediaan kandungan nutrisi dalam tanaman, salah satunya dipengaruhi oleh komposisi kimia hijauan. Hal ini terkait dengan keterbatasan pemanfaatan selulosa dan hemiselulosa, jumlah total zat lignin, silika, dan dinding sel tanaman. Komposisi kimia dari hijauan tergantung pada paparan cahaya, suhu, tahap kematangan, dan jenis tanaman. Produksi dan komposisi kimia dari tanaman ubi jalar dipengaruhi oleh tingkat kematangan. Interval pemangkasan yang berbeda terhadap brangkasan ubi jalar tidak berdampak terhadap produksi segar dan produksi bahan kering serta kandungan lemak kasar (*Ether extract*). Akan tetapi berpengaruh pada kandungan nutrisi yaitu bahan kering, bahan organik, abu, protein kasar, dan serat kasar. Kandungan bahan kering, abu dan serat kasar meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pemangkasan, sedangkan bahan organik dan protein kasar cenderung menurun.

BAB II

SILASE

Hijauan yang tersedia secara melimpah dapat diawetkan dalam bentuk silase atau hay. Namun, hijauan yang melalui proses ensilase pada umumnya menghasilkan kualitas yang lebih baik daripada hay. Hal ini disebabkan karena lebih sedikit waktu yang dibutuhkan untuk pelayuan pakan. Semakin lama waktu pelayuan hijauan dapat mengakibatkan hilangnya nutrisi, sehingga menurunkan kualitas pakan. Pembuatan hay membutuhkan periode yang lebih lama untuk proses pengeringan hijauan apabila dilakukan pada kondisi hujan. Oleh karena pada wilayah tropis, kelebihan hijauan untuk pakan ternak umumnya terjadi pada musim penghujan.

Silase adalah hijauan, sisa tanaman atau pertanian, limbah industri yang diawetkan menggunakan asam, baik asam yang terbentuk secara alami pada proses ensilase maupun asam yang ditambahkan pada proses pembuatannya, serta dibuat pada kondisi tanpa adanya udara. Harus ditekankan bahwa udara adalah musuh terbesar dalam pembuatan silase. Silase merupakan awe-

tan hijauan melalui proses fermentasi secara anaerob (reaksi kimia atau jasad renik yang tidak memerlukan adanya udara atau oksigen). Hijauan tersebut melalui proses pemotongan terlebih dahulu kemudian dikemas ke dalam silo untuk mencegah masuknya udara (oksigen). Sel tumbuhan yang telah dipotong masih dapat melanjutkan proses respirasi apabila terdapat oksigen, akan tetapi hijauan yang dikemas di dalam silo kemudian mati akibat dari keterbatasan oksigen. Setelah sel tumbuhan telah mati, selanjutnya terjadi fase poliferasi pada bakteri anaerob yang menghasilkan asam laktat. Proses fermentasi berlanjut hingga terjadi akumulasi asam laktat yang kemudian menekan pH hingga sekitar yang mengakibatkan pertumbuhan bakteri patogen terhambat dan pada kondisi ini silase telah mengalami fase stabil.

Tujuan dasar dari pembuatan silase adalah:

1. Meniadakan oksigen yang terdapat pada bahan dasar silase serta di dalam silo.
2. Menurunkan nilai pH hijauan dengan cepat menjadi 3,8-5,0 (tergantung pada kandungan bahan kering dan jenis tanaman). Penurunan pH dapat terjadi melalui pertumbuhan bakteri asam laktat setelah silo ditutup. Bakteri ini memfermentasi gula (substrat) yang terkandung pada tanaman menjadi asam laktat, asam asetat, dan beberapa senyawa lainnya.

Ensilase adalah proses pengawetan hijauan (baik berupa sisa tanaman maupun limbah pertanian) melalui fermentasi asam laktat (idealnya) pada kondisi anaerob (kondisi tanpa udara). Bakteri asam laktat memfermentasi gula tanaman (karbohidrat

larut air atau *WCS-water soluble carbohydrate*) yang terdapat didalam tanaman menjadi asam laktat, dan asam asetat pada jumlah yang lebih sedikit. Produksi asam-asam ini menurunkan pH (derajat keasaman) dari hijauan yang disilase sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk. Namun, apabila hijauan melalui proses ensilase yang salah, maka hasil fermentasi menjadi berbeda yaitu menghasilkan asam lain seperti asam butirat. Hal yang lebih buruk dapat terjadi seperti silase yang dihasilkan tidak disukai bahkan tidak dapat dikonsumsi oleh ternak, serta kualitas silase tersebut lebih rendah.

Untuk memproduksi silase yang baik, hijauan harus mengandung cukup karbohidrat yang mudah difermentasi (*fermentable carbohydrate*) agar produksi asam laktat maksimal sehingga menurunkan pH sampai 4. Beberapa bahan pembuatan silase seperti rumput perlu ditambahkan biji-bijian atau molases sebagai sumber substrat untuk fermentasi. Untuk pembuatan silase yang optimal diperlukan kandungan bahan kering hijauan antara 25 hingga 35 persen dan kandungan WSC (*Water Soluble Carbohydrate*) sekitar 6 hingga 8% (berdasarkan berat kering).

Kadar air pada hijauan merupakan faktor yang sangat penting dalam pembuatan silase, hijauan dengan kadar air yang rendah akan menghambat pemanfaatan oksigen sehingga memicu pertumbuhan jamur dan peningkatan panas pada silase. Kadar air hijauan yang tinggi dapat menyebabkan pembusukan karena proses fermentasi oleh bakteri clostridia yang menghasilkan sejumlah besar asam butirat dan amina yang memiliki bau tajam, seperti triptamin dan histamin. Leguminosa memiliki

buffering capacity yang lebih tinggi daripada rumput, oleh karena itu leguminosa membutuhkan sumber karbohidrat mudah larut (*soluble carbohydrate*) yang lebih banyak untuk menunjang proses fermentasi sehingga dapat menurunkan pH secara bertahap.

Berbagai jenis silo dapat digunakan dalam pembuatan silase. Silo berbentuk tegak (*upright silo*) atau menara telah banyak digunakan untuk mengemas hijauan dengan tujuan untuk meminimalkan jumlah oksigen pada pembuatan silase. Akan tetapi kerugian yang diakibatkan karena cairan rembesan pada silo yang berbentuk tegak lebih besar apabila dibandingkan dengan silo horizontal. Beberapa macam silo horizontal yaitu silo berbentuk parit (*trench silo atau bunker silo*) dan kantong plastik besar. Evaluasi beberapa merek komersial kantong plastik untuk silo. Setelah 8 bulan penyimpanan, terjadi proses degradasi yang signifikan dari beberapa kantong plastik tersebut, dengan konsekuensi hilangnya kandungan nutrisi silase. Bahan polietilena yang digunakan dalam pembuatan kantong plastik silase harus memiliki penstabil sinar ultraviolet, kedap oksigen dan tidak mudah rusak pada proses pengisian. Hijauan yang dikemas dalam bentuk tabung (*round bale*) besar dapat dibungkus dalam kantong plastik atau ditutupi dengan kantong plastik pada proses ensilase. Parit atau *bunker silo* ditutupi dengan polietilena kemudian dipadatkan dengan menggunakan traktor atau alat berat serupa selanjutnya ditahan dengan ban bekas sebagai pemberat untuk membantu proses pemadatan silase.

Pengawetan pakan hijauan merupakan masalah di negara-negara tropis, yaitu negara yang memiliki 2 musim (musim hujan

dan musim kering). Pada musim hujan kandungan nutrisi dari pakan tinggi sehingga berpengaruh terhadap peningkatan performans dari ternak sedangkan performans ternak di musim kemarau menurun, hal ini disebabkan karena kandungan nutrisi pakan yang rendah. Selama musim hujan, spesies tanaman hijauan di wilayah tropis tumbuh sangat cepat, dengan hasil hijauan sering melebihi kebutuhan ternak. Jika tidak dipotong dan diberi sebagai pakan ternak, tanaman tersebut akan terus tumbuh dan menghasilkan bahan pakan yang sangat panjang dan berserat, rendah energi dan protein.

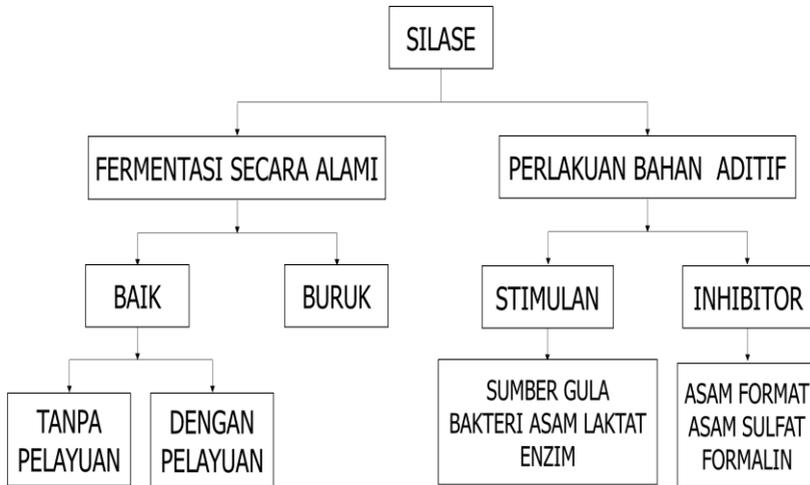
Apabila hijauan tersebut dapat dipanen dan disimpan sebagai silase, maka dapat diberikan kepada ternak selama musim kemarau berikutnya. Meskipun kualitas hijauan yang dibuat silase akan sedikit lebih rendah dari keadaan segar (10-15% lebih rendah dalam kondisi ensilase yang baik), silase hijauan ini akan tetap memiliki kualitas yang lebih baik daripada hijauan pakan ternak yang hanya tersedia pada musim kemarau. Sebaliknya, di beberapa lokasi, silase dapat digunakan sebagai pakan pelengkap jenis hijauan lain yang berkualitas baik tetapi pertumbuhannya sangat lambat.

Kandungan nutrisi pakan dapat dipertahankan dengan pembuatan silase. Permasalahan pada proses ensilase yang menggunakan hijauan pada daerah tropis ialah kandungan karbohidrat mudah difermentasi yang rendah, kandungan airnya yang tinggi serta struktur tanaman yang keras sehingga menghambat proses pematangan dan penghilangan oksigen. Hijauan dan leguminosa yang berasal dari wilayah tropis tidak cocok

untuk dibuat silase oleh karena konsentrasi karbohidrat yang larut dalam air (yaitu gula, atau salah satu karbohidrat tersimpan-*Storage Carbohydrate*: terbuat dari subunit gula yang terikat secara kimiawi dan ditemukan di dalam sel tanaman. Pati adalah contoh dari karbohidrat tersimpan. Karbohidrat tersimpan dapat ditemukan dalam biji-bijian, daun serta batang dan dalam umbi tanaman palawija), dibandingkan dengan spesies tanaman yang terdapat pada wilayah beriklim sedang. Pelayuan hijauan yang dilakukan dengan cepat atau menambahkan substrat yang dapat difermentasi, seperti molase sebelum ensilase, biasanya akan menghasilkan silase yang terfermentasi dengan baik. Molase yang tinggi karbohidrat terfermentasi dapat ditambahkan ke rumput tropis untuk meningkatkan potensi pembuatan silase. Tepung ubi kayu dan tepung kelapa juga dapat ditambahkan sebagai bahan aditif yang cocok untuk meningkatkan produksi silase dengan rumput tropis.

Semua hijauan (rumput, leguminosa daun, leguminosa pohon, limbah tanaman pertanian) dapat disimpan sebagai silase. Jerami padi kadang-kadang dicampurkan dengan hijauan yang sangat lembab, tetapi hasil ini bukan silase kualitas yang lebih buruk. Jerami padi dapat digunakan alas pada bagian dasar silo tepatnya pada saluran limbah silase, untuk menyerap limbah silase yang sangat berpolusi. Suhu lingkungan yang tinggi pada daerah tropis mendukung proses fermentasi bakteri, panas fermentasi mungkin cukup tinggi untuk menyebabkan kerusakan panas yang substansial pada protein dan bahkan menyulut kebakaran bahan.

Silase dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori utama yaitu silase dengan proses fermentasi secara alami dan silase dengan perlakuan bahan aditif.



Gambar 4. Klasifikasi silase

2.1 Silase dengan proses fermentasi secara alami

a. Silase yang diawetkan secara baik tanpa melalui proses pelayuan

Jenis silase ini umumnya dibuat dari rumput dan proses fermentasi didominasi oleh bakteri asam laktat. Silase ini memiliki ciri yaitu nilai pH yang rendah, biasanya antara 3,7 dan 4,2, serta mengandung konsentrasi asam laktat yang tinggi, dengan sejumlah kecil asam asetat dan mungkin juga terdapat kandungan asam propionat dan asam butirat dalam jumlah yang sangat

kecil. Terdapat pula sejumlah etanol dan manitol yang diperoleh dari aktivitas bakteri asam laktat dan khamir. Komponen nitrogen pada silase yang diawetkan dengan baik utamanya berbentuk nonprotein yang larut, berkebalikan dengan nitrogen yang terdapat pada tanaman hijauan segar, di mana sebagian besar total nitrogen (TN) berbentuk protein. Beberapa deaminasi asam amino dapat terjadi selama fermentasi, tetapi aktivitas ini cenderung rendah dan mengakibatkan kandungan amonia dari silase ini juga akan rendah. Karena terjadi perubahan yang besar pada WSC yang menghasilkan senyawa berenergi tinggi seperti etanol, menyebabkan konsentrasi *gross energy* dari silase ini lebih tinggi daripada bahan dasarnya.

b. Silase yang diawetkan secara baik dengan melalui proses pelayuan

Pelayuan tanaman sebelum proses ensilase dapat menghambat proses fermentasi seiring dengan peningkatan kandungan bahan kering. Pada silase yang mengalami proses pelayuan terlebih dahulu umumnya dapat meminimalkan aktifitas dari mikroorganisme jenis *clostridia* dan *enterobacteriaceae*, meskipun beberapa pertumbuhan bakteri asam laktat terus berlangsung. Peningkatan kandungan bahan kering dapat menghambat proses fermentasi, dan ini tercermin dalam nilai pH dan karbohidrat yang dapat larut (*soluble carbohydrate*) lebih tinggi, serta kadar asam hasil fermentasi pada level rendah. Pelayuan tidak dapat mencegah terjadinya proses proteolisis, akan tetapi jika dilakukan dalam waktu yang relatif singkat, dan pada kondisi cuaca yang baik, maka deaminasi asam amino akan berkurang. Kan-

dungan *gross energy* pada silase yang melalui proses pelayuan terlebih dahulu biasanya sama dengan bahan dasarnya. Umumnya penyimpanan untuk mencapai kondisi anaerob pada silase jenis ini menggunakan silo berbentuk menara (silo vertikal) dengan tujuan meminimalkan resiko dari penetrasi udara, daripada silo berbentuk bunker yang proses penanganannya lebih sulit.

c. Silase yang diawetkan dengan buruk

Silase jenis ini mengacu pada kondisi di mana baik clostridia maupun *enterobacteriaceae*, atau keduanya, telah mendominasi proses fermentasi. Penurunan kualitas silase akibat dari proses oksidasi tidak termasuk pada kategori ini. Apabila terjadi kerusakan pada silase jenis ini yang disebabkan dari proses aerobik sehingga terdapat kemungkinan beracun maka tidak boleh diberikan kepada ternak. Silase yang diawetkan dengan buruk sering kali disebabkan karena bahan dasar pembuatan silase menggunakan tanaman yang mengandung kadar air terlalu tinggi atau kandungan karbohidrat larut air (*water soluble carbohydrate*) yang rendah. Secara umum, silase jenis ini ditandai dengan nilai pH tinggi, biasanya dalam kisaran 5,0-7,0. Hal ini dapat terjadi apabila hijauan yang akan melalui tahapan ensilase kekurangan bakteri asam laktat sehingga mengakibatkan kandungan asam laktat dan sisa karbohidrat yang larut dalam air dalam konsentrasi rendah atau bahkan tidak ada. Produk asam hasil fermentasi yang utama asam asetat atau asam butirat. Terdapat amonia yang berasal dari katabolisme asam amino,

disertai dengan produk degradasi lainnya seperti amina dan berbagai asam keto dan asam lemak.

2.2 Silase dengan perlakuan aditif

Bahan aditif silase dalam pembuatan silase dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu: kategori pertama adalah bahan yang dapat menstimulasi fermentasi, seperti bahan kaya gula, inokulan dan enzim, yang bertujuan untuk mendorong pertumbuhan bakteri asam laktat dan memproduksi asam organik serta mengurangi pH. Bahan aditif silase berupa inokulan umumnya berfungsi untuk membantu proses fermentasi yang mengarah pada penurunan pH. Bahan aditif lain berupa penambah makanan (substrat) untuk bakteri. Pemasok substrat meliputi enzim dan gula. Aditif enzim dapat memecah karbohidrat kompleks dalam hijauan, seperti pati, pektin, hemiselulosa, atau selulosa, menjadi gula sederhana untuk digunakan oleh bakteri asam laktat. Aditif gula (molase) dapat ditambahkan secara langsung. Kategori kedua adalah bahan sebagai penghambat fermentasi, seperti asam dan formalin, yang apabila ditambahkan pada proses pembuatan silase baik sebagian atau seluruhnya dapat menghambat pertumbuhan mikroba, memperlambat proses fermentasi dalam silase (senyawa tertentu dapat bekerja secara selektif pada proses yang tidak diinginkan, seperti menghambat pertumbuhan mikroba aerobik). Bahan aditif sebagai inhibitor dalam proses pembuatan silase dapat dibagi yaitu bahan aditif yang menghambat proses aerobik dan bahan aditif yang menghambat proses anaerob. Inhibitor aerob, seperti asam propionat

dapat menekan pertumbuhan khamir, kapang, dan bakteri aerob. Inhibitor anaerob cenderung membatasi bakteri yang tidak diinginkan (clostridia), enzim tanaman (protease), dan mungkin bakteri asam laktat. Aplikasi penambahan asam pada proses pembuatan silase secara langsung dapat menurunkan pH.

a. Bahan aditif silase yang dapat menstimulasi proses fermentasi (STIMULAN)

- Bahan sumber gula

Bahan yang kaya karbohidrat dapat ditambahkan dalam proses pembuatan silase sebagai sumber energi untuk mendorong pertumbuhan bakteri asam laktat epifit. Gula adalah substrat yang diperlukan untuk proses fermentasi asam laktat dalam silase. Gula dalam jumlah yang cukup diperlukan untuk mempercepat penurunan pH dalam silo. Aditif gula aman untuk digunakan sebagai bahan sumber gula adalah molase (mengandung sebagian besar sukrosa), glukosa, dekstrosa, produk turunan dari jagung, dan produk samping dari pemrosesan beras. Molase yang merupakan produk sampingan dari industri pengolahan gula bit dan tebu adalah salah satu aditif silase yang paling sering digunakan sebagai sumber gula. Aditif ini telah terbukti dapat meningkatkan bahan kering dan kandungan asam laktat, serta menurunkan tingkat pH dan amonia pada silase. Kandungan nutrisi silase.

Leguminosa dengan kandungan bahan kering (BK) kurang dari 35% dan rumput yang tidak melalui proses pelayuan umumnya tidak mengandung gula yang cukup untuk fermentasi

secara maksimal. Apabila kandungan gula yang terdapat pada bahan dasar silase habis selama proses fermentasi, pH silase akan berhenti menurun sehingga nilai pH berada pada level yang cukup tinggi dan hal tersebut tidak diharapkan. Hal ini menyebabkan proses fermentasi yang terjadi tidak maksimal. Penambahan gula pada bahan dasar silase yaitu hijauan akan meningkatkan fermentasi pada tingkat maksimum sehingga menghasilkan pH serendah mungkin.

Penambahan gula pada bahan dasar silase yaitu hijauan yang sudah memiliki kandungan gula yang cukup untuk fermentasi secara maksimal dapat menyebabkan peningkatan kadar gula residual pada akhir proses ensilase, akan tetapi total gula yang digunakan selama proses fermentasi, produksi asam laktat, dan pH pada produk akhir silase tetap tidak terpengaruh. Peningkatan level gula pada silase tidak meningkatkan lama waktu pengawetan.

Penambahan gula pada bahan dasar silase berupa hijauan yang tidak mengandung cukup gula bertujuan agar proses fermentasi dapat berjalan maksimal, hal ini berpengaruh terhadap memperpanjang waktu fermentasi, meningkatkan produksi asam laktat, dan mengurangi nilai pH akhir. Penambahan gula juga dapat menghasilkan proporsi asam laktat yang lebih besar dibandingkan dengan jenis asam lain yang diproduksi selama fermentasi.

- Inokulan

Pada mulanya para pembuat silase menganggap bahwa apabila prinsip-prinsip umum pembuatan silase telah dipatuhi maka dapat menghasilkan silase yang baik, oleh karena pada kondisi alami terdapat populasi bakteri asam laktat pada tanaman yang cukup untuk memastikan proses fermentasi dapat berlangsung dengan baik. Namun saat ini diketahui bahwa seringkali tanaman yang digunakan sebagai bahan silase memiliki sumber bakteri asam laktat yang rendah dan bahkan ditemukan beberapa strain dari organisme ini tidak cocok untuk pembuatan silase. Secara komersial telah tersedia sejumlah inokulan yang mengandung kultur dari bakteri asam laktat kategori homofermentatif dan beberapa di antaranya telah terbukti efektif dalam meningkatkan proses fermentasi pada silase. Akan tetapi terdapat faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam penggunaan inokulan ini agar proses pembuatan silase dapat berhasil, seperti laju inokulasi, yang paling tidak harus mencapai 10^5 (tetapi lebih dipilih pada 10^6) unit pembentuk koloni (*Colony Forming Unit/CFU*)/g tanaman segar, serta kandungan karbohidrat yang dapat difermentasi dalam jumlah yang memadai pada tanaman. Terjadi dominasi proses fermentasi secara cepat oleh bakteri homolaktik yang memastikan penggunaan karbohidrat larut air dengan efisien sehingga meningkatkan kemungkinan keberhasilan pembuatan silase yang baik. Tingkat WSC dalam tanaman merupakan faktor yang sangat penting pada proses pembuatan silase.

Bahan aditif yang dapat mendorong laju fermentasi asam laktat dengan cepat umumnya berupa inokulan yang mengandung bakteri asam laktat dari genus *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Lactococcus* dan *Enterococcus*. Jenis inokulan ini berperan mengubah WSC dalam hijauan hijauan menjadi asam laktat, atau enzim, selulase, xilanase, hemiselulase, pentosanase dan amilase. Bakteri asam laktat (BAL) adalah salah satu bahan aditif yang paling umum ditambahkan pada silase. Tujuan utama penambahan BAL agar proses fermentasi didalam silo terjadi dengan cepat dan efisien. Selain strain homofermentatif yang menunjukkan hasil yang baik pada proses pembuatan silase, terdapat strain heterofermentatif yaitu *Lactobacillus buchneri* yang digunakan sebagai aditif silase. Beberapa jenis inokulan dapat ditambahkan pada proses pembuatan silase untuk menghambat kerusakan aerobik yaitu bakteri yang menghasilkan produk akhir berupa anti jamur seperti *Propionibacteria*, *Bacilus* atau *Serratia*.

- Enzim

Bahan aditif berupa enzim untuk ditambahkan pada proses pembuatan silase mengandung protein yang mempercepat reaksi biokimia tertentu dalam silase. Sebagian besar aditif berupa enzim berfungsi untuk memecah karbohidrat kompleks menjadi gula sederhana yang dapat digunakan dalam proses fermentasi. Pengaruh penambahan enzim sama dengan pengaruh penambahan bahan aditif berupa gula pada silase. Akan tetapi agar proses fermentasi mencapai maksimal maka enzim harus bekerja

dengan cepat untuk melepaskan gula sebelum proses fermentasi berakhir.

Beberapa jenis aditif komersial yang ditambahkan pada pembuatan silase mengandung inokulum strain bakteri asam laktat yang sesuai dan enzim. Umumnya enzim yang terdapat pada aditif komersial adalah selulase dan hemiselulase, bertujuan untuk mendegradasi dinding sel tanaman, sehingga dapat melepaskan gula, yang kemudian tersedia sebagai substrat fermentasi bagi bakteri asam laktat. Aktifitas enzim tampaknya paling efektif apabila ditambahkan pada bahan pembuatan silase yaitu hijauan muda yang memiliki kandungan bahan kering rendah. Bahan aditif berupa enzim, terutama enzim yang dapat mendegradasi dinding sel ditambahkan dengan tujuan untuk menyediakan ekstra gula sebagai bahan fermentasi serta memecah dinding sel tanaman. Penambahan produk ini pada bahan dasar rumput dapat membantu memecah dinding sel.

Terdapat beberapa jenis enzim yang tersedia sebagai bahan aditif yang dapat ditambahkan dalam proses pembuatan silase, yaitu:

1. Hemiselulase berfungsi untuk memecah hemiselulosa menjadi pentosa (monosakarida yang memiliki lima atom karbon) yang dapat digunakan dalam fermentasi. Pemecahan hemiselulosa dapat mengurangi kandungan NDF (*Neutral Detergent Fiber*).
2. Selulase memecah selulosa menjadi glukosa untuk digunakan selama fermentasi. Penguraian selulosa dapat mengurangi kandungan NDF (*Neutral Detergent Fiber*) dan ADF (*Acid Detergent Fiber*) yang merupakan bahan penyusun dinding sel

tanaman. ADF ialah nilai yang diperoleh dengan mengacu pada bagian dinding sel dari hijauan yang terdiri dari selulosa dan lignin. NDF menggambarkan nilai yang diperoleh dari total dinding sel tanaman, yang terdiri dari fraksi ADF ditambah hemiselulosa.

3. Amilase memecah pati menjadi gula yang berguna dalam fermentasi. Leguminosa mengandung banyak pati; sedangkan rumput tidak.
4. Pektinase memecah pektin menjadi gula yang dapat digunakan selama fermentasi.
5. Protease memecah protein nabati menjadi bentuk non-protein yang dapat larut. Oleh karena pelarutan protein adalah proses yang tidak diinginkan dalam silase, sehingga protease tidak banyak digunakan sebagai aditif silase.

Semua enzim yang dapat mengiritasi kulit kecuali protease, aman untuk digunakan. Penurunan kandungan NDF dan ADF oleh hemiselulase dan selulase berpotensi meningkatkan konsumsi dan pencernaan silase. Akan tetapi enzim tersebut hanya dapat bekerja pada fraksi NDF dan ADF yang paling mudah dicerna, sehingga respons dari ternak akibat dari perubahan pada konsentrasi serat mungkin tidak signifikan sesuai dengan yang diharapkan.

Tabel 4. Macam bahan aditif silase yang dapat menstimulasi proses fermentasi (STIMULAN)

BAHAN ADITIF SILASE (STIMULAN)		
SUMBER GULA	INOKULAN	ENZIM
Molase	Bakteri Asam	Selulase
Sukrosa	Laktat	Amilase
Glukosa	(<i>Lactobacillus</i> , <i>Pediococcus</i> , <i>Streptococcus</i>)	Hemiselulase
	Khamir	Pektinase
		Protease*

*Jenis aditif ini kemungkinan berbahaya bagi manusia

b. Bahan aditif silase yang dapat menghambat proses fermentasi (INHIBITOR)

Sejumlah besar senyawa kimia telah diuji dan berpotensi sebagai penghambat fermentasi, tetapi sangat sedikit yang telah diterima dalam penggunaan secara komersial. Pada mulanya penggunaan salah satu senyawa sebagai penghambat proses fermentasi pada silase adalah campuran asam mineral, biasanya asam klorida dan asam sulfat, ditambahkan pada hijauan ketika proses ensilase dalam jumlah yang cukup untuk menurunkan nilai pH di bawah 4,0. Dalam beberapa tahun terakhir, asam format telah menggantikan sebagian besar penggunaan asam mineral dan asam organik jenis ini lebih rendah tingkat korosifnya dibandingkan asam mineral. Atau penggunaan larutan amonium tetraformate dalam air. Pada aplikasinya, kadar penggu-

naan senyawa kimia yang direkomendasikan bervariasi dalam kisaran 2,5-5 l/ton tanaman segar, tergantung pada kandungan bahan keringnya.

Propionat digunakan untuk meminimalkan aktivitas aerobik dalam pembuatan silase. Propionat aplikasikan pada saat pemotongan karena senyawa ini dapat menghambat proses respirasi tanaman selama pengeringan, akan tetapi sejumlah besar senyawa ini menghilang karena menguap. Penambahan propionat pada saat pemotongan dapat menghambat kenaikan suhu pada hijauan selama transportasi. Di dalam silo, propionat mengurangi terjadinya kehilangan bahan kering dan energi yang berhubungan dengan infiltrasi oksigen melalui penurunan aktivitas khamir, kapang, bakteri aerob, dan respirasi tanaman. Propionat juga menurunkan suhu silo dan pelarutan protein serta kerusakan akibat panas. Penyemprotan propionat pada permukaan luar silase pada bunker silo dapat mengurangi kerusakan aerobik.

Asam propionat dapat menimbulkan panas apabila terkena pada kulit dan mata dan bersifat korosif terhadap peralatan pertanian. Oleh karena itu untuk penggunaan dan penyimpanan asam propionat perlu perhatian khusus dan hati-hati. Aplikasi asam propionat pada pembuatan silase perlu memperhatikan hal berikut ini: mengenakan pakaian pelindung seperti pelindung mata dan wajah, menggunakan pakaian berlengan panjang, sarung tangan, celana panjang, dan sepatu bot.

Penambahan amonia atau urea pada hijauan dapat meningkatkan kandungan protein kasar dan protein terlarut. Amo-

nia juga memiliki sifat anti-bakteri dan dapat berperan sebagai pengawet. Akan tetapi menghirup uap amonia dengan cepat dapat merusak jaringan paru-paru sehingga harus dihindari. Amonia juga dapat menyebabkan luka bakar pada mata. Amonia adalah jenis basa kuat sehingga cenderung meningkatkan pH hijauan. Kondisi ini dapat merangsang pertumbuhan bakteri asam laktat, nilai pH akhir umumnya cenderung lebih tinggi daripada tanpa penambahan amonia akibat dari peningkatan kemampuan penyangga (*buffer*) dari aditif ini. Penambahan amonia dapat meningkatkan kandungan Protein Kasar dan Protein Terlarut (*Soluble Protein*) dalam silase.

Amonia menghambat pertumbuhan khamir dan kapang yang berperan pada kerusakan aerobik. Amonia anhidrat secara cepat dapat bergabung dengan air yang terdapat di dalam hijauan serta dapat melepaskan panas apabila terbentuk menjadi larutan. Mekanisme kerja dari penambahan urea sebagai bahan aditif silase hampir sama dengan amonia akan tetapi efektifitasnya lebih rendah. Enzim urease yang terbentuk secara alami memecah urea menjadi amonia dan karbon dioksida, tetapi laju pemecahannya terlalu lambat untuk menciptakan lingkungan amonia yang kuat. Namun apabila tingkat penambahan amonia atau urea terlalu tinggi, maka dapat membatasi proses fermentasi serta mengurangi konsumsi pakan.

Pola fermentasi pada proses pembuatan silase dapat dikendalikan dengan penggunaan bahan pengawet, seperti asam format untuk mempercepat produksi asam laktat pada tahap awal fermentasi dalam silo. Asam format umumnya digunakan

untuk mencegah fermentasi oleh bakteri clostridia. Asam format dapat ditambahkan secara langsung pada bahan dasar silase yang telah dipotong, sehingga dapat menurunkan pH silase menjadi lebih rendah sekitar 4,7. Fermentasi bakteri asam laktat tergantung pada penurunan pH hingga titik stabil (umumnya 3,9 hingga 4,0). Penambahan asam akan lebih efektif pada tanaman yang telah dilayukan. Penggunaan asam format umumnya dalam campuran dengan formaldehida sebagai aditif silase yang ditambahkan secara langsung setelah hijauan dipotong. Asam format adalah asam kuat yang bekerja dengan efektif untuk menurunkan pH hijauan serta membatasi aktivitas kimiawi tanaman. Asam format secara efektif dapat mencegah pembusukan clostridia pada hijauan dengan kandungan bahan kering dibawah 30%.

Larutan formaldehida (formalin) 40% dalam air telah digunakan sebagai penghambat fermentasi, yang diaplikasikan baik sebagai larutan tunggal atau lebih efektif pada larutan campuran dengan penambahan larutan asam seperti asam sulfat atau asam format. Formaldehida bergabung dengan protein, dapat melindungi protein dari hidrolisis oleh enzim tanaman dan mikroorganisme dalam silo. Asam dalam larutan campuran bertindak sebagai penghambat fermentasi, khususnya mencegah perkembangan bakteri yang tidak diinginkan dalam silase. Formalin yang digunakan bersama dengan asam format telah terbukti lebih efektif daripada asam sulfat. Akan tetapi terdapat pelarangan penggunaan formaldehida sebagai aditif karena kekhawatiran mengenai sifat karsinogenik.

Tabel 5. Bahan aditif silase yang dapat menghambat proses fermentasi (INHIBITOR)

BAHAN ADITIF SILASE (INHIBITOR)		
AEROBIK	ANAEROB	
	ASAM	SELAIN ASAM
Propionat*	Asam Format*	Formalin*
Sulfat	Asam Mineral*	Paraformaldehide*
Asam Kaproat*	Asam Laktat*	Belerang Dioksida*
Asam Sorbat*	Asam Asetat*	Sodium
Amonia*	Asam Benzoat*	Metabisulphite
Asam Propionat	Asam Akrilat*	
Asam Asetat*	Asam Sitrat*	
	Asam Sorbat*	

*Jenis aditif ini kemungkinan berbahaya bagi manusia

Jenis silase

Komposisi hijauan untuk ensilase dan fermentasi selanjutnya akan menentukan jenis silase yang dihasilkan. Silase yang diproduksi dapat diklasifikasikan menjadi lima jenis utama, yaitu:

1. **Silase Asam Laktat** memiliki ciri-ciri sebagai berikut:
 - Proses fermentasi didominasi oleh BAL (Bakteri Asam Laktat)
 - WSC utamanya diubah menjadi asam laktat
 - Memiliki aroma asam dan terkadang manis

- Nilai pH umumnya rendah (3,8-4,2), kecuali pada silase yang sangat layu di mana proses fermentasi terbatas
- Mengandung kadar asam laktat yang relatif tinggi dibandingkan dengan asam organik lainnya

2. **Silase Asam Asetat** memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Proses fermentasi didominasi oleh *Enterobacteriaceae*
- Lebih besar kemungkinan terjadi ketika hijauan tanpa melalui proses pelayuan dengan kandungan bahan kering rendah pada proses ensilase
- WSC utamanya dikonversikan menjadi asam asetat
- Secara umum berbau asam atau seperti cuka
- Nilai pH lebih tinggi daripada silase asam laktat pada kandungan bahan kering yang sama
- Kehilangan bahan kering dan energi terjadi secara signifikan

3. **Silase Clostridia** memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Proses fermentasi didominasi oleh clostridia
- Lebih besar kemungkinan terjadi ketika hijauan tanpa melalui proses pelayuan dengan kandungan bahan kering rendah pada proses ensilase
- WSC dan asam laktat diubah menjadi asam butirat dan asam asetat
- Memiliki karakteristik yaitu kandungan asam laktat rendah dan pH tinggi
- Protein dan asam amino terdegradasi dalam jumlah besar

- Kadar amonia-N sama tingginya dengan proporsi dari N total
- Kehilangan bahan kering dan energi dapat terjadi secara signifikan (silase tidak disukai ternak dan pemanfaatan N dalam silase ini rendah)

4. Silase yang bahan hijauannya melalui proses pelayuan memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Proses fermentasi didominasi oleh BAL
- Proses fermentasi terbatas karena kandungan bahan kering yang tinggi (> 30%). Kandungan WSC dalam jumlah sedikit dikonversikan menjadi asam laktat. Nilai pH lebih tinggi daripada silase asam laktat
- Residu dari kandungan WSC yang tidak difermentasi tinggi, tetapi bervariasi dipengaruhi panjang pemotongan dan lama pelayuan.
- Hijauan yang sangat kering lebih sulit untuk dipadatkan, terutama jika ukuran pemotongan terlalu panjang sehingga memiliki resiko yang lebih besar terhadap pertumbuhan khamir dan kapang karena kadar oksigen dalam silo tinggi akibat dari silase yang tidak padat.
- Residu WSC yang lebih tinggi, pemadatan yang buruk dan kontaminasi dari spora khamir dan kapang dapat membuat kondisi aerobik dari silase tidak stabil.

5. Silase dengan penambahan ADITIF

BAB III

TAHAP PENGAWETAN PADA SILASE

3.1. Fase Aerobik

Fase aerobik dimulai ketika hijauan dipotong, pada saat proses pelayuan serta rentang waktu antara penutupan silo hingga kondisi anaerob dicapai di dalam silo. Perubahan komposisi hijauan dapat terjadi terutama disebabkan oleh aktivitas enzim tanaman. Pada awal fase ini enzim memecah karbohidrat yang lebih kompleks (fruktan, pati, dan hemiselulosa), melepaskan gula sederhana (WSC). Enzim tanaman terus memanfaatkan WSC untuk proses respirasi hingga semua substrat (WSC) atau oksigen yang tersedia habis dimanfaatkan. Oksigen yang terperangkap di antara partikel hijauan akan dihilangkan sebagai hasil respirasi ('bernafas') oleh material tanaman dan aktivitas aerobik (dengan udara) dari khamir dan bakteri. Enzim tanaman juga akan terus memecah (mendegradasi) protein menjadi berbagai senyawa non protein nitrogen - peptida, asam amino, amida dan amonia (dalam proses proteolisis). Enzim tanaman juga aktif selama fase ini, asalkan pH masih dalam kisaran normal untuk

bahan segar (pH 6,0-6,5). Fase ini terjadi selama beberapa jam saja apabila hijauannya dipadatkan dan silo ditutup sesegera mungkin.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada fase aerobik:

1. Pengisian silo pada pembuatan silase dalam jumlah besar harus dilakukan dengan cepat (1-2 hari)
2. Pemotongan bahan dengan ukuran 1-3 cm.
3. Pemadatan hijauan dalam silo wadah penyimpanan sebaik mungkin, tidak boleh terdapat rongga pada hijauan yang dipadatkan.
4. Penutupan wadah penyimpanan dengan erat
5. Penambahan beban pada bagian atas tumpukan untuk mempertahankan kondisi kedap udara antara penutup dan hijauan yang dipadatkan
6. Penutupan silo sesegera mungkin setelah proses pemadatan selesai.

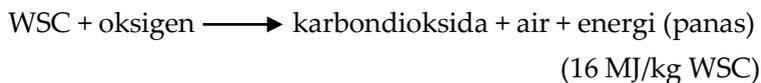
Proses respirasi dan proteolisis merupakan 2 hal yang sangat penting yang dapat mempengaruhi nilai nutrisi produk akhir pada pembuatan silase.

3.1.1. Respirasi

Respirasi dapat didefinisikan sebagai proses degradasi oksidatif dari senyawa organik untuk menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan. Pada tanaman tingkat tinggi, karbohidrat adalah sumber respirasi utama dan substrat untuk oksidasi biasa-

nya berupa gula heksosa, yang mengalami glikolisis dan oksidasi selanjutnya melalui siklus asam trikarboksilat menjadi karbon dioksida dan air. Pada tanaman yang dipanen, reaksi biosintesis terbatas dan hampir semua energi dalam heksosa diubah menjadi panas. Pada tanaman yang disimpan dalam silo, energi panas ini akan tertahan sehingga menyebabkan peningkatan suhu di dalam silo. Hilangnya karbohidrat larut ini, melalui respirasi, adalah proses yang tidak diharapkan karena mengakibatkan penurunan kandungan substrat sehingga dapat mempengaruhi proses fermentasi selanjutnya. Respirasi tanaman akan berlanjut dalam silo selama oksigen dan persediaan substrat tersedia. Metode paling sederhana untuk membatasi respirasi adalah mencapai kondisi anaerob di silo secepat mungkin.

Respirasi tidak diharapkan pada proses pembuatan silase karena mengakibatkan hilangnya bahan kering, energi (ME) dan WSC yang tersedia dan dibutuhkan oleh BAL untuk proses fermentasi. Meskipun beberapa proses respirasi tidak dapat dihindari, tahapan pembuatan silase yang baik dapat meminimalkan kerugian. Selama respirasi, WSC diubah menjadi karbon dioksida dan air, serta energi yang dilepaskan dalam bentuk panas. Produksi panas adalah ciri pertama terjadinya respirasi.



Karena proses respirasi bergantung pada ketersediaan oksigen, maka proses respirasi akan berhenti begitu kondisi anaerob

rob terbentuk di dalam silo. Lama waktu respirasi aerobik tergantung pada beberapa faktor antara lain karakteristik hijauan, lama waktu pelayuan, kondisi pada saat pelayuan, tingkat pemadatan, dan waktu antara pemadatan, penutupan silo serta pemanenan. Dua faktor paling penting yang mempengaruhi laju respirasi adalah kadar bahan kering hijauan dan suhu. Laju respirasi menurun setelah bahan kering hijauan mencapai 50-60%, tetapi respirasi meningkat diakibatkan oleh suhu, pada semua level bahan kering. Faktor manajemen dapat mempengaruhi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi anaerob, hal penting lainnya yang perlu diperhatikan adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengisi dan menutup silo, serta tingkat pemadatan. Akan tetapi dapat terjadi kenaikan suhu akibat dari penurunan berat jenis silase, terutama ketika kandungan bahan kering tinggi, bahkan pada silo yang ditutup dengan baik. Apabila fase aerobik berlangsung dalam waktu yang lama setelah penutupan silo, penutupan silo yang tidak tepat atau terdapat lubang pada plastik, memungkinkan udara masuk ke dalam silo, sehingga mikroorganisme aerob (khamir dan kapang) akan tumbuh. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan bahan kering dan kehilangan energi karena terjadi pembusukan dalam silo dan juga selama fase pengambilan silase.

Apabila respirasi dibiarkan berlanjut untuk waktu yang lama, sejumlah besar panas akan dihasilkan. Suhu di dalam silo bisa sangat tinggi, menimbulkan kerusakan protein akibat panas dan penurunan pencernaan karena reaksi pencoklatan (juga dikenal sebagai reaksi Maillard atau karamelisasi). Silase yang rusak akibat panas memiliki aroma gula, manis, dan cukup disukai

ternak, asalkan tidak mengandung jamur. Akan tetapi, pencernaan silase yang rusak akibat panas sangat rendah sehingga pada umumnya hanya cocok sebagai pakan untuk memenuhi hidup pokok. Terjadi penurunan yang signifikan pada kualitas silase yang diakibatkan oleh panas yang berlebihan, sehingga mengikat protein dan asam amino pada fraksi hemiselulosa, meningkatkan serat yang tidak dapat dicerna dan kandungan nitrogen tidak larut deterjen asam (*Acid Detergent Insoluble Nitrogen - ADIN*). Silase dengan kandungan bahan kering $\geq 50\%$ paling rentan terhadap kerusakan akibat panas. Kecernaannya akan berkurang jika suhu didalam silo naik di atas 50°C .

Selama fase aerobik, enzim tanaman berperan dalam:

- Memecah WSC menjadi karbon dioksida dan air, serta melepaskan panas = respirasi
- Memecah protein menjadi berbagai bentuk Non Protein Nitrogen (NPN) yang larut = proteolisis

Tingkat respirasi terjadi:

- Paling tinggi pada hijauan yang terdiri dari daun
- Lebih besar pada legum daripada rumput
- Penurunan dengan meningkatnya kandungan bahan kering hijauan
- Meningkat pada suhu ruang yang lebih tinggi

Respirasi tergantung pada ketersediaan oksigen, sehingga akan terjadi proses respirasi yang lebih besar apabila:

- Silase dengan pemadatan yang tidak sempurna
- Pengisian ke dalam silo lambat
- Penutupan silo tertunda

3.1.2. Proteolisis

Proteolisis merupakan proses pemecahan protein menjadi polipeptida atau asam amino yang lebih sederhana melalui aktifitas enzim. Pada hijauan segar sebanyak 75 hingga 90% dari total nitrogen dalam bentuk protein. Setelah panen, proteolisis terjadi dengan cepat (hidrolisis ikatan peptida) dan, setelah beberapa hari layu di lapangan, kandungan protein dapat berkurang hingga 50 persen. Besaran dari degradasi protein bervariasi tergantung pada spesies tanaman, kandungan bahan kering dan suhu. Setelah hijauan melalui proses ensilase, proteolisis terus berlanjut tetapi aktivitasnya menurun ketika pH turun. Produk-produk yang dihasilkan dari proses proteolisis adalah asam amino dan peptida dengan panjang rantai berbeda-beda. Pemecahan lebih lanjut dari asam amino terjadi sebagai akibat dari aktivitas enzim tanaman terjadi dalam jumlah kecil. Sebagian besar kerusakan asam amino dalam silase disebabkan oleh aktivitas mikroba daripada oleh enzim tanaman.

Proteolisis tidak diharapkan terjadi dalam proses pembuatan silase karena ternak ruminansia tidak dapat menggunakan protein terdegradasi secara efisien dalam rumen. Proses proteolisis yang terjadi selama proses pelayuan sangat bervariasi, dan

tampaknya tidak terkait dengan spesies tanaman atau kandungan nitrogen. Jika pelayuan tercapai dengan cepat maka terjadi sedikit peningkatan jumlah protein terdegradasi dalam hijauan. Akan tetapi apabila peningkatan waktu pelayuan terjadi secara lambat, terbukti dapat meningkatkan pemecahan protein.

Meskipun respirasi dan proteolisis terjadi lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi, tingkat pelayuan juga meningkat, dengan proses pelayuan yang lebih cepat biasanya menghasilkan lebih sedikit proteolisis dan hilangnya WSC. Kerugian terbesar akan terjadi ketika suhu tinggi, tetapi kondisi hujan dan lembab menyebabkan tingkat pelayuan menjadi lambat. Proteolisis secara enzimatik dapat berlanjut dalam proses ensilase selama beberapa hari. Produksi asam dari proses fermentasi pada akhirnya akan menghentikan aktivitas enzim. Karena alasan ini, proteolisis terjadi lebih cepat pada ensilase hijauan segar dan menurun ketika pH menurun. Pencapaian dari fermentasi asam laktat secara cepat akan menghasilkan lebih sedikit protein terdegradasi dalam silase.

Peningkatan tingkat pelayuan menyebabkan:

- Penurunan proses respirasi dari WSC
- Penurunan hilangnya energi dan bahan kering
- Peningkatan ketersediaan WSC untuk fermentasi
- Proses fermentasi yang lebih baik
- Penurunan aktifitas proteolisis selama pelayuan
- Penurunan aktifitas proteolisis dalam silo akibat dari penurunan pH secara cepat

3.2. Fase Fermentasi

Tahap ini dimulai setelah oksigen pada tanaman telah hilang dan kondisi penyimpanan menjadi anaerob. Hal ini bergantung pada kondisi tanaman sebagai bahan dasar silase serta proses ensilase, fase ini dapat berlangsung beberapa hari hingga minggu. Fermentasi yang berhasil akan terlihat jumlah bakteri penghasil asam laktat mendominasi, pH menurun menjadi 3,5 hingga 4,5. Nilai pH rendah diperoleh dari silase dengan bahan dasar hijauan yang tidak melalui proses pelayuan sedangkan nilai pH yang lebih tinggi berasal dari silase yang menggunakan bahan dasar hijauan yang melalui proses pelayuan.

Fermentasi merupakan proses penguraian zat organik oleh mikroorganisme, termasuk konversi karbohidrat menjadi alkohol oleh khamir dan menjadi asam organik oleh bakteri. Pada proses pembuatan silase, fase fermentasi anaerob dapat terjadi apabila kondisi silo tertutup dengan rapat. Selama fase ini, asam diproduksi, pH silase menurun sehingga mencegah aktivitas mikroba lebih lanjut, dengan demikian silase menjadi awet. Silase dapat rusak apabila terpapar oksigen. Fermentasi yang lambat meningkatkan bahan kering namun dapat terjadi hilangnya energi, serta mengurangi palatabilitas silase.

Setelah fase fermentasi terjadi sekitar satu hari, terjadi kerusakan dinding sel dan pelepasan substrat fermentasi oleh enzim tanaman yang terus berlanjut. Bakteri kemudian mulai berkembang biak dengan cepat, meningkat populasinya menjadi sekitar 1 miliar (10^9) per gram hijauan segar. Bakteri silase ini memfermentasi WSC, mengubahnya menjadi asam dan produk

lainnya. Idealnya, BAL mendominasi fermentasi, tetapi *enterobacteriaceae* dan clostridia dapat menjadi dominan dalam beberapa silase. Khamir yang dapat hidup secara aerobik juga dapat ditemukan. Pada tahap awal fase ini mungkin didominasi oleh *enterobacteriaceae*. Bakteri ini memfermentasi WSC, menghasilkan asam asetat dengan jumlah asam laktat yang lebih sedikit. Etanol, 2,3-butanadiol dan karbon dioksida juga diproduksi akan tetapi bahan kering serta energi berkurang.

Pada silase yang difermentasi dengan baik akan terjadi penurunan pH secara cepat karena dihasilkan asam laktat dalam jumlah besar sehingga menyebabkan *enterobacteriaceae* berhenti tumbuh, dan BAL dengan cepat mulai mendominasi fermentasi. Namun jika penurunan pH terjadi dengan lambat, *enterobacteriaceae* dapat terus mendominasi fermentasi, dan menghasilkan jenis silase asetat. BAL memfermentasi WSC menjadi asam laktat, dengan hanya sejumlah kecil senyawa lain yang diproduksi. Fermentasi yang didominasi oleh BAL lebih disukai karena produksi asam laktat melalui jalur kimia yang paling efisien. Penurunan pH dengan cepat sehingga hanya ada sedikit kerugian fermentasi akibat hilangnya bahan kering dan energi.

Jumlah asam laktat dibandingkan dengan senyawa lain yang dihasilkan tergantung pada aktivitas BAL homofermentatif dan heterofermentatif. Apabila WSC tersedia dalam jumlah yang cukup, fermentasi akan terus berlanjut hingga dapat tercapai pH sekitar 4. Nilai pH rendah dapat dihasilkan pada silase dari hijauan dengan kadar WSC yang tinggi dengan kapasitas *buffer* yang rendah. Akan tetapi pada silase yang menggunakan hijauan

dalam kondisi telah mengalami pelayuan hingga kering dapat mengakibatkan proses fermentasi terhambat dan nilai pH tertinggi dapat melebihi pH 5. Silase Clostridia terjadi jika asam laktat tidak cukup diproduksi atau diproduksi terlalu lambat. Clostridia membutuhkan kondisi lembab untuk berkembang dan biasanya tidak akan terjadi apabila hijauan sebagai bahan silase dilayukan hingga kandungan bahan kering > 30%.

Apabila populasi clostridia meningkat, fermentasi sekunder dapat terjadi. Clostridia memfermentasi WSC, asam laktat, dan protein untuk menghasilkan asam butirrat, propionat dan asam asetat, dan amonia-N ($\text{NH}_3\text{-N}$) ditambah sejumlah senyawa lainnya. Ketika fermentasi sekunder berlangsung, pH naik. Nilai pH akhir akan lebih tinggi daripada nilai pH dari proses fermentasi asam laktat, hal ini terkait dengan produk akhir fermentasi yang dihasilkan. Oleh karena asam yang dihasilkan pada proses fermentasi Clostridia lebih lemah dari asam laktat, dan amonia-N (memiliki efek *buffer* yang berkebalikan dengan jenis asam-asam ini). Kehilangan fermentasi bahan kering dan energi, serta degradasi protein dalam jumlah yang sangat besar sehingga menyebabkan silase Clostridia memiliki bau tengik dan tidak enak untuk ternak (palatabilitas rendah).

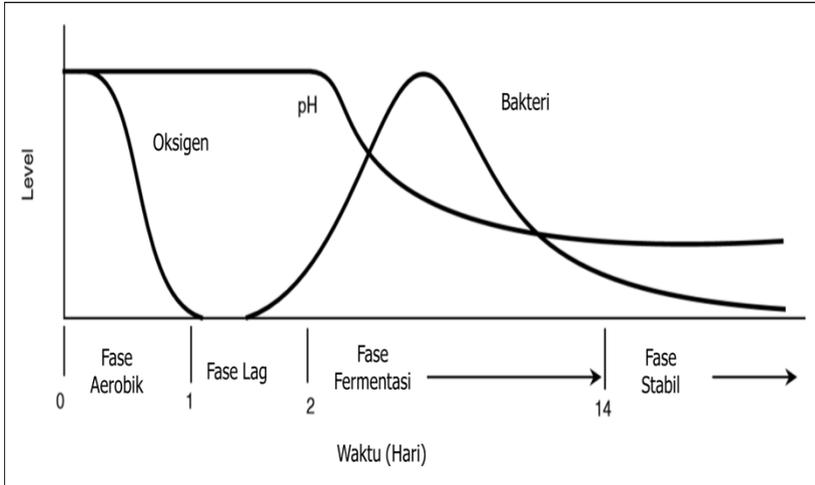
Apabila terdapat khamir anaerob dalam hijauan, khamir tersebut akan memfermentasi WSC menjadi etanol. Terjadi kehilangan bahan kering karena produksi karbon dioksida, dan kehilangan energi yang tidak signifikan. Pertumbuhan khamir tidak diharapkan karena mereka menghabiskan WSC yang seha-

rusnya tersedia untuk BAL. Khamir juga dapat memecah asam laktat yang diproduksi oleh BAL.

pH ideal silase sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan kering hijauan. Apabila kandungan bahan kering tinggi maka proses fermentasi terhambat sehingga menghasilkan nilai pH yang lebih tinggi dan jumlah produk akhir fermentasi yang lebih rendah. Kualitas fermentasi silase secara langsung mempengaruhi performan dari ternak yang diberi pakan silase tersebut. Tingkat amonia-N (dalam % dari total nitrogen) dan pH merupakan indikator kualitas fermentasi silase yang baik. Setelah fase fermentasi selesai, silase kemudian memasuki fase stabil, dengan hal yang perlu diperhatikan bahwa oksigen telah dikeluarkan sehingga hanya akan ada sedikit atau tidak ada perubahan pada silase laktat selama periode ini.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada fase fermentasi:

1. Mencampurkan molase sebanyak 3-5% berdasarkan bobot basah. Molase merupakan substrat untuk bakteri untuk mendorong fermentasi asam laktat.
2. Apabila memungkinkan, untuk pelayuan hijauan sebaiknya sekitar 30% Bahan Kering (BK).



(Sumber: Pitt, 1990)

Gambar 5.

Tahapan yang terjadi dalam pembuatan silase yang baik

Gambar 5 menunjukkan urutan proses yang terjadi di silo selama fermentasi yang baik. Urutan proses tersebut adalah:

1. Fase aerobik

Pada fase aerobik, oksigen yang terperangkap pada tanaman serta terdapat dalam silo dimanfaatkan untuk proses respirasi oleh tanaman dan mikroorganisme aerobik. Apabila silo tertutup dengan baik dan rapat sehingga sedikit atau tidak ada oksigen menyusup ke dalam hijauan, sehingga dengan cepat dapat mencapai kondisi anaerob.

2. Fase lag

Pada fase lag, membran sel tanaman terpecah sehingga memungkinkan cairan yang terdapat didalam sel menjadi media pertumbuhan bagi bakteri.

3. Fase Fermentasi

Pada fase fermentasi, bakteri asam laktat anaerob mulai tumbuh dan berkembang biak dengan cepat, peningkatan jumlahnya menjadi sekitar 1 miliar per gram hijauan. Ketika bakteri tumbuh dengan memanfaatkan gula yang berasal dari tanaman untuk menghasilkan asam laktat dan asam asetat, akumulasi dari asam-asam tersebut menyebabkan penurunan pH hijauan.

4. Fase Stabil

Ketika pH mencapai 3,8-5,0, bakteri kemudian mati, dan silase berada dalam fase stabil. Dalam silo yang ditutup dengan rapat, fase ini berlangsung hingga silo dibuka (dipanen) sehingga silase terpapar oleh oksigen.

3.3. Fase Stabil

Setelah level pH menurun, dan udara serta air tidak dapat memasuki silo, sebagian besar mikroorganisme yang dapat tumbuh pada fase fermentasi perlahan-lahan berkurang jumlahnya, sehingga menghasilkan silase yang relatif stabil. Namun, beberapa mikroorganisme yang toleran asam dapat bertahan pada periode ini dalam kondisi yang tidak aktif, seperti clostridia dan basil dapat bertahan dalam bentuk spora.

Cara mempertahankan fase stabil:

1. Menjaga kondisi kedap udara di sekitar silase
2. Apabila ditemukan lubang maka perlu penanganan secepat mungkin dengan menutup lubang atau memperbaiki silo.

3.4. Fase *Feedout* atau Fase Pembedusan Aerobik

Fase ini dimulai ketika terdapat lubang yang dibuat oleh hewan pengerat (tikus), burung atau penyebab lain seperti kondisi silo yang terbuka setelah proses pemberian pakan. Fase pembedusan aerobik terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama terjadi pembedusan yang dimulai ketika proses degradasi asam organik yang merupakan bahan pengawet silase oleh khamir dan kadang-kadang bakteri asam asetat. Kondisi ini menyebabkan kenaikan pH dan kemudian pembedusan tahap kedua dimulai. Hal ini terkait dengan peningkatan suhu dalam silase dan aktivitas oleh mikroorganisme pembedus seperti basil, kapang, dan *enterobacteriaceae*.

Ketika silase terpapar dengan udara, organisme aerob yang telah tidak aktif selama fase anaerob bertambah banyak. Aktivitas mereka pada akhirnya akan menguraikan silase. Tanda pertama yang terjadi ialah pembedusan secara aerobik yang dimulai dengan terjadinya panas pada permukaan silase. Pada silase yang mengalami pembedusan secara aerobik menunjukkan bahwa suhu silase mungkin naik hingga 50° C atau lebih tinggi, serta menunjukkan kenaikan pH. Proses ini kadang disalahartikan sebagai 'fermentasi sekunder'. Faktanya, ini adalah proses aerobik, lebih tepat disebut sebagai 'kerusakan aerobik' atau 'pembedusan aerobik'.

Substrat yang digunakan awal dalam proses pembedusan aerobik adalah asam laktat dan asetat, dan setiap residu WSC. Jumlah WSC yang tidak difermentasi biasanya lebih tinggi daripada silase dengan hijauan yang telah melalui proses pelayuan

dimana fermentasi terhambat. Pemecahan protein dan asam amino menjadi amonia juga berkontribusi terhadap kenaikan pH. Perlu diketahui bahwa beberapa strain BAL mampu memfermentasi asam laktat dalam kondisi aerobik dan mungkin memainkan peran dalam proses pembusukan aerobik. Pada proses pembusukan aerobik, aktivitas kapang dapat memecah dan memetabolisme selulosa dan komponen dinding sel tanaman lainnya.

Kerusakan aerobik dapat menyebabkan kerugian yang signifikan, yang terus meningkat seiring waktu terpapar udara. Kehilangan bahan kering dapat melebihi 30% dan kerugian akibat penurunan kualitas silase dapat terjadi secara signifikan. Tidak hanya kandungan nutrisi silase yang terus menurun, akan tetapi dapat terjadi penolakan konsumsi oleh ternak akibat kondisi silase yang panas dan rusak. Kerusakan lebih besar akibat udara dapat terjadi pada silase yang tidak dipadatkan. Pembusukan pada permukaan silase yang pertama kali terpapar udara dapat terjadi secara bervariasi dari beberapa jam hingga beberapa hari. Tingkat pembusukan sangat tergantung pada jumlah dan aktivitas organisme pembusuk dalam silase dan mungkin berkisar antara 1,5% hingga 4,5% kehilangan Bahan Kering (BK)/hari.

Sejumlah faktor dapat mengurangi kerentanan silase terhadap pembusukan aerobik. Faktor manajemen utama adalah:

- Mempercepat proses pelayuan, pemanenan dan penyegelan (tanpa penundaan).
- Pemadatan silase dengan baik untuk mengurangi udara yang tersedia untuk organisme aerobik yang bertanggung jawab atas terjadinya pembusukan pada silase dan untuk memini-

malkan paparan udara pada permukaan silase yang telah terbuka selama pemberian makan.

- Fase *Feedout* yang cukup cepat untuk meminimalkan waktu paparan udara.
- Pertahankan segel kedap udara
- Menghilangkan 20 sampai 30cm dari seluruh permukaan silase setiap hari sebelum pemberian pakan
- Jika silase menjadi panas, laju pemberian pakan harus dipercepat
- Jika terjadi pemanasan silase, pertimbangkan permukaan tumpukan yang lebih kecil pada panen berikutnya

Kualitas silase dan produk fermentasi ditentukan oleh karakteristik hijauan dan jenis mikroorganisme yang mendominasi. Jamur dan bakteri aerob adalah mikroorganisme yang dominan pada hijauan segar, akan tetapi pada kondisi anaerob di dalam silo perkembangan jamur dan bakteri aerob digantikan oleh bakteri yang dapat tumbuh tanpa adanya oksigen. Bakteri yang dimaksudkan termasuk bakteri asam laktat, clostridia dan *enterobacteriaceae*.

Perubahan biokimiawi yang terjadi pada silase yang mengalami kerusakan secara aerobik dapat disimpulkan sebagai berikut:

Substrat	Produk	Hasil
Asam Laktat	CO ₂	Peningkatan suhu dan pH; kapang mulai tumbuh; serta terjadi kerusakan silase
Asam Asetat	Air	
Residu WSC	Panas	

Secara umum mikroorganisme yang terlibat dalam kerusakan aerobik pada silase adalah:

Khamir: *Pichia*, *Hansenula*, *Candida* (*acid utilising*)

Torulopsis, *Saccharomyces* (*sugar utilising*)

Kapang: *Monascus*, *Geotrichum*, *Byssoschlamys*, *Mucor*,

*Aspergillus**, *Penicillium**, *Fusarium**

Bakteri: *Bacillus*, beberapa BAL, *Acetobacter* (Bakteri asam asetat)

*Beberapa spesies mikroorganisme dapat memproduksi mikotoksin yang berbahaya bagi ternak

Hal-hal yang dapat menyebabkan kerusakan pada silase, yaitu:

- Enzim tanaman yang aktif pada awal fase fermentasi dan melarutkan protein tanaman.
- Oksigen yang dapat menyusup dari udara luar sehingga memperpanjang respirasi, menyebabkan pemanasan dan proses pencoklatan.
- Tumbuh bakteri yang tidak diinginkan seperti *clostridia* atau *listeria* dapat menyebabkan pembusukan.
- Silase terkena udara sehingga mendorong pertumbuhan khamir dan jamur sehingga menyebabkan kerusakan aerobik.

Akan tetapi dengan manajemen penanganan silase yang tepat, maka kondisi yang merugikan ini dapat diminimalkan atau dikendalikan.

BAB IV

MIKROORGANISME PADA SILASE

4.1. Bakteri Asam Laktat (BAL)

Bakteri asam laktat (BAL) merupakan anaerob fakultatif (mampu tumbuh dengan adanya atau tidak adanya oksigen). Bakteri yang termasuk dalam kelompok ini mengonversi WSC menjadi asam laktat dan produk fermentasi lainnya. BAL diklasifikasikan menjadi homofermentatif atau heterofermentatif. BAL homofermentatif mengubah WSC menjadi asam laktat saja, sedangkan BAL heterofermentatif mengubah WSC menjadi asam laktat dan asam asetat serta senyawa lainnya. BAL homofermentatif (misalnya *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* dan *Enterococcus faecalis*) dan BAL heterofermentatif (misalnya *Lactobacillus brevis* dan *Leuconostoc mesenteroides*).

Dominasi fermentasi oleh BAL homofermentatif mengarah pada pemanfaatan WCS yang tersedia secara lebih efisien dan penurunan pH yang lebih cepat dengan lebih sedikit kehilangan bahan kering atau energi. Pada hijauan dengan kandungan WCS

rendah, proses pencapaian keberhasilan dari fermentasi tergantung pada BAL homofermentatif yang mendominasi fermentasi. Bakteri asam laktat homofermentatif lebih efisien dalam menghasilkan asam laktat dari gula heksosa daripada organisme heterofermentatif. Oleh karena itu inokulan bakteri komersial biasanya mengandung kultur bakteri BAL homofermentatif agar dapat meningkatkan kecepatan dan efisiensi fermentasi.

Populasi BAL rendah pada tanaman palawija pada masa pertumbuhan dan rumput pada padang penggembalaan, dan populasi tersebut terkonsentrasi pada jaringan tanaman yang mati dan rusak. BAL biasanya terdapat pada bagian tanaman yang sedang tumbuh, akan tetapi dalam jumlah kecil dan dapat berlipat ganda dengan cepat setelah panen, terutama jika tanaman tersebut dicacah atau terkoyak. Pemotongan pada jaringan tanaman melepaskan nutrisi dan mineral, oleh karena itu pada proses pembuatan silase disarankan agar dilakukan pemotongan pada bahan hijauan dengan tujuan untuk meningkatkan jumlah bakteri dengan cepat.

Tabel 6. Beberapa spesies Bakteri Asam Laktat yang dapat ditemukan pada silase

Homofermentatif	Heterofermentatif
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Lactobacillus buchneri</i>
<i>Lactobacillus coryniformis</i>	<i>Lactobacillus cellobiosus</i>
<i>Lactobacillus curvatus</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>
<i>Lactobacillus dulbrueckii</i>	<i>Lactobacillus viridescens</i>

<i>Lactobacillus leichmannii</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>	
<i>Lactobacillus salivarius</i>	
<i>Pediococcus acidilactici</i>	
<i>Pediococcus damnosus</i>	
<i>Pediococcus pentosaceus</i>	
<i>Enterococcus faecalis</i>	
<i>Enterococcus faecium</i>	
<i>Lactococcus lactis</i>	
<i>Streptococcus bovis</i>	

Pada silase dengan bahan hijauan yang telah melalui proses pemotongan menunjukkan bahwa populasi BAL meningkat dengan cepat sejak pemotongan hijauan hingga pengisian ke dalam silo. Ketika hijauan diensilase, bakteri asam laktat terus meningkat dan memfermentasi WSC yang terdapat pada hijauan menjadi asam organik, terutama asam laktat, kemudian menurunkan nilai pH. Selama ensilase, terjadi hidrolisis hemiselulosa, memecah ikatan pentosa sehingga dapat difermentasi menjadi asam laktat dan asetat oleh sebagian besar jenis bakteri asam laktat. Angka BAL juga meningkat dengan cepat selama fase pelayuan, meskipun hal ini tidak selalu terjadi.

4.2. Clostridia

Sebagian besar Clostridia merupakan bakteri gram positif, dan termasuk dalam bakteri anaerob, sporulasi dapat tumbuh subur terutama pada silase dengan dengan kandungan gula

rendah akan tetapi kandungan air (>70%), pH (pH >4,6), suhu (>30° C) dan kapasitas buffer yang tinggi. Clostridia muncul dalam bentuk spora dan tumbuh hanya di bawah kondisi anaerob. Pada pembuatan silase, umumnya spora Clostridia dapat ditemukan pada lapisan terluar dari bale silo atau bagian paling atas dari bunker silo. Clostridia membutuhkan pH netral (sekitar 7,0) dan kondisi lembab agar pertumbuhannya dapat optimal. Clostridia tumbuh paling baik pada pH 7,0-7,4. Clostridia tidak dapat mentolerir kondisi asam, dan pH 4,2 biasanya dianggap cukup rendah untuk menghambat pertumbuhan Clostridia. Fermentasi yang menghasilkan asam laktat dalam jumlah banyak menyebabkan nilai pH menurun, sehingga menyebabkan clostridia tidak mampu bersaing, bahkan pertumbuhannya benar-benar terhambat. Kandungan bahan kering yang lebih besar dari 30% sangat membatasi pertumbuhan clostridia.

Clostridia dapat diklasifikasikan menjadi sakarolitik atau proteolitik berdasarkan substrat utama fermentasi yaitu WSC dan asam laktat atau protein, walaupun terdapat beberapa spesies clostridia termasuk dalam sakarolitik dan proteolitik. Clostridia sakarolitik merupakan tipe yang paling umum ditemukan pada silase, (misalnya: *Clostridium butyricum* dan *Clostridium tyrobutyricum*) dapat memfermentasi asam laktat dan sisa WSC menjadi asam butirat, menghasilkan kenaikan pH. Clostridia proteolitik (misalnya: *Clostridium bifermentans*, *Clostridium sporogenes*, dan *Clostridium perfringens*) dapat memfermentasi terutama asam amino menjadi berbagai produk, termasuk asam asetat dan butirat, amina dan amonia. *Saccharolytic Clostridia* mendapatkan energi

untuk pertumbuhan dengan memfermentasi gula dan asam laktat menjadi asam butirat, CO₂, dan H₂.

Clostridia dapat mempengaruhi pengawetan silase karena:

- Clostridia bersaing dengan BAL untuk memanfaatkan WSC yang dibutuhkan untuk menghasilkan asam laktat
- Clostridia sakarolitik (*Saccharolytic Clostridia*) memecah WSC dan asam laktat menjadi asam butirat, hal ini yang meningkatkan pH silase
- Clostridia proteolitik mendegradasi protein dan asam amino menjadi amonia, amina dan asam lemak volatil, sehingga mengurangi pemanfaatan nitrogen yang terkandung dalam silase oleh ternak
- Aktivitas Clostridia meningkatkan kehilangan fermentasi bahan kering dan energi
- Aktivitas Clostridia mengurangi palatabilitas silase dan menurunkan nilai nutrisi silase akibat hilangnya energi dan degradasi protein.

Clostridia terdapat pada tanaman, akan tetapi sumber utama Clostridia dalam silase berasal dari kontaminasi tanah atau lumpur. Dominasi pertumbuhan Clostridia sering terjadi pada pembuatan silase menggunakan bahan dasar leguminosa yang tidak melalui proses pelayuan terlebih dahulu, serta tanpa penambahan bahan aditif. Clostridia sangat sensitif terhadap ketersediaan air dan membutuhkan kondisi yang sangat basah untuk aktif tumbuh. Pada tanaman yang sangat basah (yaitu

tanaman dengan konsentrasi bahan kering sekitar 150 g/kg), bahkan pencapaian nilai pH terendah (4,0) mungkin tidak akan menghambat aktivitas Clostridia. Selain mengganggu proses pengawetan, clostridia dapat membahayakan kesehatan hewan akibat pakan silase yang terkontaminasi. Sejumlah kasus botulisme, yang disebabkan oleh *Clostridium botulinum*, telah dilaporkan pada kuda dan sapi yang mendapatkan pakan yang mengandung Clostridia.

Clostridium spp. diketahui tidak toleran terhadap pH rendah (4,5), oleh karena itu dengan penambahan bahan aditif, seperti bakteri homofermentatif yang dapat meningkatkan konsentrasi asam laktat dan mempercepat penurunan pH sehingga pada proses fermentasi dapat menghambat aktivitas clostridial dalam silase. Penambahan BAL pada proses ensilase tanaman (rumput) dengan kandungan nitrat penghambat clostridia rendah, dapat mempercepat proses pengasaman serta mengurangi spora clostridial dalam silase. Pelayuan bahan dasar pembuatan silase juga dapat menekan pertumbuhan clostridial. Bahan aditif kimia seperti campuran natrium benzoat, natrium nitrit, heksamina, dan natrium propionat juga dapat mengurangi spora clostridial dalam silase. Penambahan nitrit atau kombinasi natrium nitrit dan heksamina juga efektif menghambat pertumbuhan *Clostridium spp.*

Klasifikasi Clostridia yang dapat ditemukan pada silase adalah sebagai berikut:

1. Clostridia yang dapat memfermentasi laktat (Sakarolitik):

Clostridium butyricum

Clostridium paraputrificum

Clostridium tyrobutyricum

2. Clostridia yang dapat memfermentasi asam amino (Proteolitik):

Clostridium bifermentans

Clostridium sporogenes

3. Clostridia yang dapat memfermentasi WSC dan protein

Clostridium perfingens

Clostridium sphenoides

4.3 *Enterobacteriaceae*

Bakteri jenis ini lebih menyukai pH netral (sekitar 7,0) dan kondisi yang hangat agar pertumbuhannya dapat optimal. Seperti clostridia, *enterobacteriaceae* dapat mendekarboksilat dan mendeaminasikan asam amino dalam silase dan mengurangi NO_3 , sehingga mengakibatkan produksi amonia dan biogenik amina dalam jumlah yang besar. *Enterobacteriaceae* adalah bakteri anaerob fakultatif gram negatif. Beberapa spesies *enterobacteriaceae* dapat memanfaatkan nitrat sebagai akseptor elektron untuk menggantikan oksigen. *Enterobacteriaceae* epifit, termasuk *Erwinia herbicola* dan *Rahnella aquitilis*, banyak terdapat pada tanaman segar, tetapi jenis yang lain muncul pada proses ensilase seperti *Escherichia coli*, *Hafnia alvei*, dan *Serratia fonticola*. Contoh spesies yang biasa ditemukan dalam silase adalah *Escherichia coli* dan *Erwinia herbicola*. Penurunan pH secara cepat telah terbukti menghilangkan *Escherichia coli* dalam silase.

Jumlah *enterobacteriaceae* pada tanaman palawija dan tanaman padang rumput rendah, dan jumlahnya akan menurun selama pelayuan. Namun, jumlah *enterobacteriaceae* dapat meningkat dengan cepat selama beberapa hari pertama fermentasi dan bersaing dengan BAL dalam memanfaatkan WSC yang tersedia. *Enterobacteriaceae* memfermentasi WSC sehingga menghasilkan campuran produk berupa asam asetat, etanol dan hidrogen. Produk utama dari proses fermentasi *enterobacteriaceae* adalah asam asetat, asam laktat dan CO₂, serta peningkatan kadar amonia-N akibat terjadinya degradasi protein.

Pada proses pembuatan silase yang menggunakan hijauan dengan kandungan WSC rendah (contohnya rumput pada daerah tropis) menyebabkan pH turun secara perlahan sehingga bakteri ini dapat mendominasi fermentasi. Apabila terjadi dominasi pertumbuhan dari *enterobacteriaceae* maka akan diproduksi silase asam asetat dengan pH sekitar 5,0. Pada sebagian besar silase, *enterobacteriaceae* cenderung tumbuh secara signifikan pada tahap awal fermentasi, sebelum pH mulai menurun secara signifikan. Pertumbuhan dan viabilitas *enterobacteriaceae* menurun ketika pH silase menurun. Laju pertumbuhan *enterobacteriaceae* dapat dihambat apabila pH silase dibawah 5,0. Pada silase, beberapa proses produksi asam asetat dapat meningkatkan stabilitas kondisi aerob yang menyebabkan hilangnya kandungan bahan kering dan energi secara signifikan. Apabila proses fermentasi berkepanjangan dan pertumbuhan *enterobacteriaceae* mendominasi menghasilkan silase dengan tingkat palatabilitas yang rendah.

4.4 Khamir dan Kapang

Jamur berasal dari tanah dan terdapat tanaman, tumbuh baik sebagai sel tunggal, khamir, atau dalam bentuk koloni berfilamen multiseluler yaitu kapang. Oleh karena itu khamir dan kapang digolongkan sebagai jamur. Sebagian besar jamur membutuhkan oksigen untuk tumbuh dan berkembang biak, meskipun sejumlah khamir dapat tumbuh dan berkembang biak dalam kondisi anaerob. Khamir dan kapang dapat tumbuh pada kisaran pH yang bervariasi (3,0-8,0) pada suhu (0-40°C).

Khamir umumnya berasal dari tanah, oleh karena itu kontaminasi bahan hijauan dengan tanah akan menyebabkan peningkatan jumlah khamir. Jumlah khamir juga akan meningkat pada hijauan yang melalui proses pemotongan. Khamir berkembang biak pada jaringan tanaman yang rusak, dengan jumlah yang umumnya dapat meningkat selama proses pelayuan. Khamir dan kapang tidak berkontribusi pada proses pengawetan silase, akan tetapi bertanggung jawab atas pembusukan selama fase aerob pada awal proses ensilase dan selama fase *feedout*. Khamir dan kapang pada fase fermentasi dan fase *feedout* dijelaskan sebagai berikut:

a. Khamir dan kapang pada fase fermentasi

Pada proses ensilase ketika kondisi anaerob telah tercapai jenis khamir anaerob mulai berkembang biak. Khamir anaerob bersaing dengan BAL dalam memanfaatkan WSC, yang kemudian difermentasi oleh khamir anaerob utamanya menjadi etanol. Khamir jenis lain yang tidak dapat memfermentasi WSC, maka menggunakan asam laktat. Aktivitas khamir pada akhirnya

terhambat akibat meningkatnya konsentrasi asam laktat dan asam asetat.

Pertumbuhan kapang mudah dilihat, sehingga merupakan indikator keberadaan dan distribusi oksigen di dalam silo setelah proses penutupan silo. Pertumbuhan kapang dapat menyebar ke seluruh permukaan silase yang tidak dipadatkan dengan sempurna. Bahkan munculnya gumpalan-gumpalan kapang di dalam silase yang mengandung kantong udara yang terbentuk akibat pemadatan atau penutupan silo yang tidak sempurna. Dalam silase yang dipadatkan dengan baik dan tidak terdapat kantong udara, setiap pertumbuhan kapang terbatas hanya pada permukaan silo. Pertumbuhan kapang dapat dikurangi dengan memastikan proses pemadatan dan penutupan silo dilakukan dengan baik. Pada silase dengan hijauan yang kering mengakibatkan lebih sulit dipadatkan sehingga biasanya mengandung lebih banyak pertumbuhan kapang.

b. Khamir dan kapang pada fase *feedout*

Ketika silase mulai terpapar udara selama proses pemanenan silase, pertumbuhan khamir adalah penyebab utama kerusakan secara aerob, sedangkan pertumbuhan kapang dimulai setelahnya. Silase yang mengandung spora khamir dan kapang dalam jumlah banyak sejak awal fase aerob pada pembuatan silase mengakibatkan kualitas silase yang kurang baik. Khamir dan kapang pada awalnya menggunakan sisa WSC, asam laktat, asam organik lainnya dan etanol untuk pertumbuhan. Proses rusaknya silase sama seperti proses pengomposan terjadi, dengan pertumbuhan khamir dan kapang menyebabkan peningkatan su-

hu dan pH, kehilangan bahan kering dan energi, dan mengurangi tingkat palabilitas silase. Ketika proses pembusukan berlanjut, kapang memecah beberapa karbohidrat struktural dalam silase.

Khamir yang terdapat pada silase termasuk dalam spesies *Candida*, *Saccharomyces* dan *Torulopsis*. Khamir memiliki peran yang sangat penting dalam kerusakan pada silase yang mulai terpapar udara. Mayoritas kapang termasuk dalam golongan aerob yang hidup pada lapisan permukaan silase. Berbagai macam khamir dan kapang telah diisolasi dari berbagai jenis silase, terutama ketika terjadi dekomposisi aerob. Banyak dari jamur yang mampu menghasilkan mikotoksin. Beberapa jenis jamur mengandung mikotoksin yang ditemukan silase disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 7. Beberapa jenis jamur yang dapat ditemukan pada silase serta mikotoksin yang dihasilkan.

Jamur	Mikotoksin
<i>Penicillium roqueforti</i>	Roquefortine A, B dan C; toksin PR; asam microfinolic; asam penicillic
<i>Byssochlamys nivea</i>	Patulin
<i>Paecilomyces viriotii</i>	Patulin
<i>Aspergillus clavatus</i>	Patulin; cytochanasin E; tryptoquinolins
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Fumiclavines A dan C; fumitoxins A, B dan C; gliotoxin, beberapa tremorgen
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoksin; asam cyclopiazonic
<i>Fusarium culmorum</i>	Dioxynivalenol; toksin T2; toksin HT; zearelenone
<i>Fusarium crookwellense</i>	Zearelenone

Banyak bukti mengenai efek mikotoksin mengganggu kesuburan, sistem kekebalan tubuh dan sistem saraf yang bersifat jangka panjang dan dapat muncul setelah paparan secara terus menerus. Potensi efek buruk pada ternak yang mengonsumsi silase busuk dan pekerja yang menanganinya memang ada, seperti halnya bahaya transfer racun ke dalam rantai makanan manusia. Silase yang telah mengalami kerusakan aerobik akibat dari tumbuhnya jamur tidak boleh diberikan kepada hewan, dan pekerja yang menangani materi semacam itu sehingga harus melakukannya dengan sangat hati-hati. Akan tetapi hanya sedikit kasus mikotoksin yang telah ditemukan dan diidentifikasi kaitannya sebagai penyebab penyakit pada hewan yang mengonsumsi silase atau pada manusia yang menanganinya. Sebagian mikroba rumen memiliki kemampuan untuk memetabolisme beberapa racun (toksin), seperti halnya dengan zearelenone, ochratoxin dan beberapa trichothecen. Selain itu, ruminansia tampaknya dapat memetabolisme trichothecen yang tertelan secara efisien.

Pemadatan dan penyegelan yang baik pada pembuatan silase dapat mengurangi kerusakan aerob selama akses udara saat penyimpanan dapat dihindari. Hal ini mungkin menjadi masalah khusus pada silase yang dibuat dalam bentuk tabung (*bale*) dalam jumlah besar. Bahkan perforasi atau lubang kecil pada plastik dapat menjadi masalah yang sangat serius karena luas permukaan atau rasio volume yang besar pada silo berbentuk tabung (*bale*). Silase pada silo berupa kantong juga rentan akan pertumbuhan jamur, jamur akan tumbuh pada silase yang berada dekat pada bagian ujung plastik yang diikat dengan tidak sempurna.

Pada banyak kasus, kerusakan terjadi setelah silo dibuka dan selama proses pemberian pakan. Manajemen penanganan silase yang baik dengan membatasi akses udara pada permukaan silase yang telah terbuka sangat penting, dengan cara menutup kembali silo. Dalam hal ini, luas permukaan dan jumlah silase yang akan digunakan menjadi faktor penting yang harus diperhitungkan. Silase dapat dibuat dengan penambahan aditif untuk membatasi fermentasi jamur pada sejumlah besar residu WSC, meningkatkan pH. Beberapa aditif yang mengandung asam organik atau garam dapat digunakan untuk melindungi silase dari serangan jamur.

Apabila jamur tampak pada permukaan silase, hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah risiko gangguan kesehatan pada ternak dapat dilakukan tindakan pencegahan sebagai berikut:

- Apabila memungkinkan ambil bagian silase yang berjamur sebelum diberikan sebagai pakan ternak
- Oleh karena pemberian pakan silase yang berjamur cenderung menyebabkan masalah kesehatan ternak maka perlu dihindari pemberian silase pada ternak yang sangat lapar dan ternak hamil.

4.5 Mikroorganisme Lain pada Silase yang Berpotensi Menyebabkan Penyakit pada Ternak

Potensi risiko penyakit yang paling mungkin terkait dengan pemberian silase pada ternak disebabkan oleh listeria (*listeriosis*) dan *Bacillus licheniformis* (*abortus*). Pembuatan silase

yang buruk dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan hewan serta mengakibatkan kerugian yang signifikan akibat penurunan kualitas silase.

a. Listeria

Listeria menyebabkan listeriosis adalah infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Listeria monocytogenes*, infeksi bakteri ini berbahaya bagi manusia maupun hewan. Silase dengan hijauan yang memiliki bahan kering rendah serta terkontaminasi dengan tanah dapat mengandung *Listeria monocytogenes*, bakteri ini diketahui bertanggung jawab atas kejadian beberapa penyakit seperti ensefalitis (pembengkakan pada jaringan otak), plasentitis (infeksi pada plasenta) serta abortus pada sapi. Sejumlah kematian pada ternak ruminansia (terutama domba) yang diberi pakan silase telah dikonfirmasi sebagai akibat dari listeriosis. Listeria dapat menyebabkan aborsi (biasanya pada akhir kehamilan), kerusakan otak ('circling disease') pada domba, atau bahkan kematian. Listeriosis lebih sering terjadi pada ternak dengan sistem kekebalan yang lemah, terutama ternak yang baru lahir dan hamil. Ternak domba lebih rentan penyakit listeriosis daripada sapi. Listeriosis pada kuda jarang terjadi, oleh karena silase jarang diberikan pada kuda. Meningoensafalitis, aborsi dan septicaemia fatal dilaporkan terjadi pada anak kuda setelah terinfeksi dengan *Listeria monocytogenes*.

Listeria membutuhkan kondisi aerob untuk tumbuh dan berkembang biak, tetapi mampu bertahan dalam kondisi anaerob. Listeria tidak toleran terhadap kondisi asam (terutama pada

pH lebih rendah dari 5,5) dan dibawah kondisi anaerob aktivitasnya terbatas. *Listeria* tidak ditemukan pada silase dengan pH dibawah 4,7. *Listeria* dapat tumbuh pada kisaran suhu (40° F–110°F) dan kandungan bahan kering silase (20% –75%) yang beragam. Silase dengan kandungan bahan kering di atas 80% dapat menghambat pertumbuhan *Listeria*.

Silase merupakan sumber listeriosis pada hewan ternak. Listeriosis umumnya hanya dikaitkan dengan silase dengan kualitas buruk, pengeluaran udara yang tidak sempurna, penyegelan yang buruk dan fermentasi yang terbatas. Apabila terdapat *Listeria* umumnya berada di lapisan permukaan yang membusuk. Jika lapisan ini dihilangkan sebelum pemberian pakan, risiko listeriosis dapat berkurang. Risiko masalah kesehatan yang disebabkan oleh *Listeria* sebenarnya dapat dikurangi dengan proses pembuatan silase yang baik, terutama pemadatan dan penutupan silo secara efektif. Silase berbentuk bale besar sangat berisiko mengandung *Listeria*, hal ini diakibatkan karena luas permukaan atau rasio volume yang tinggi sehingga rentan akan masuknya udara dan serangan jamur. *Listeria* kadang-kadang muncul di tanah dekat silo di mana terkumpul limbah silase.

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah pertumbuhan *Listeria* dalam silase:

- Mempertahankan kondisi anaerob melalui pemadatan yang baik dan penutupan silo dengan rapat.
- Memastikan proses fermentasi hijauan berlangsung minimal dua minggu.

- Memastikan bahan dasar hijauan untuk pembuatan silase berada pada kisaran bahan kering yang tepat (30%–50% bahan kering).
- Menjaga lingkungan kandang, gudang penyimpanan silase dan silo dalam kondisi yang bersih.
- Membuang silase yang tampak rusak akibat terpapar oksigen.

b. *Bacillus licheniformis*

Bacillus licheniformis bersifat termofilik, suhu pertumbuhan optimalnya adalah sekitar 50°C. Spesies ini adalah kontaminan terbesar pada rumput yang dipanen, akan tetapi pertumbuhan *Bacillus licheniformis* dalam silase yang terawat dengan baik dibatasi oleh peningkatan asam laktat. Namun, *Bacillus licheniformis* jumlahnya melimpah pada silase yang telah mengalami kerusakan secara aerobik. Abortus pada sapi dikaitkan dengan konsumsi silase yang telah terkontaminasi dengan *Bacillus licheniformis*.

BAB V

STRATEGI PEMBUATAN SILASE YANG BAIK

5.1 Sepuluh Tahapan Pembuatan Silase

Keberhasilan atau kegagalan dalam membuat silase sangat dipengaruhi oleh cara pembuatan dan membutuhkan seperangkat pedoman yang ketat. Berikut adalah 10 langkah untuk membuat silase berkualitas baik:

1. Pemanenan Hijauan

Pada musim penghujan umumnya hijauan melimpah, jumlah hijauan yang tersedia telah melebihi kebutuhan ternak. Hijauan tropis seperti rumput gajah dan sorgum pada musim penghujan dapat tumbuh dengan cepat hingga ketinggian lebih dari 2 hingga 3 m. Oleh karena itu hijauan yang berlebih harus segera dipanen untuk mempertahankan kualitasnya tetap baik dan kandungan nutrisinya tinggi. Pasokan hijauan yang berlebih pada musim penghujan perlu diawetkan sehingga dapat memenuhi kebutuhan pakan berkualitas baik pada musim kemarau. Pada musim kemarau umumnya kualitas hijauan rendah.

Pemanenan hijauan yang digunakan sebagai bahan dasar silase harus pada tingkat kematangan yang sama (tingkat kematangan yang optimum). Kondisi hijauan yang dipanen untuk bahan dasar silase haruslah sama seperti hijauan yang diberikan pada ternak dalam kondisi segar. Sebagai contoh, rumput gajah harus dipanen setiap 30 hingga 40 hari sekali di musim hujan, dengan tinggi tanaman sekitar 75 hingga 150 cm, agar kualitas tanaman tetap optimal. Hijauan yang digunakan untuk silase sebaiknya tidak mengandung duri. Jenis leguminosa pohon harus dipotong ketika daunnya masih hijau dan terdapat sedikit ranting cabang.

2. Pelayuan hingga bahan kering (BK) hijauan mencapai 30%

Spesies hijauan tropis sulit untuk diensilase karena kemampuan penyangganya (*buffer*-suatu larutan yang dapat mempertahankan nilai besaran pH tertentu) yang tinggi. Untuk memastikan hijauan tersebut menghasilkan silase dengan kualitas fermentasi yang baik, terdapat dua teknik umum yang dapat dilakukan oleh peternak kecil, yaitu melayukan hijauan dan menambahkan substrat (sumber gula) yang mudah difermentasi.

Hijauan dengan kandungan bahan kering sekitar 12% hingga 15% saat panen maka harus melalui proses pelayuan terlebih dahulu hingga bahan kering setidaknya mencapai 30%. Proses pelayuan dapat dilakukan dengan meletakkan hijauan pada rak atau dinding sehingga memungkinkan panas matahari dapat menguapkan air dari tanaman. Apabila hujan kemungkinan akan turun maka hijauan yang dilayukan tersebut harus

ditutup (dengan plastik, daun kelapa) atau dipindahkan dibawah naungan.

Apabila pemanenan hijauan dilaksanakan di pagi hari, proses pelayuan mungkin hanya membutuhkan panas pada sore hari itu. Tetapi ketika penjemuran hijauan di hari tersebut kondisinya berawan sehingga proses pelayuan perlu diperpanjang hingga hari berikutnya. Ketebalan tumpukan hijauan yang dilayukan tidak boleh lebih dari 10 cm, dan harus dibalik dua atau tiga kali untuk memastikan proses pelayuan terjadi secara merata pada setiap bagian hijauan. Apabila penumpukan hijauan terlalu tebal maka dapat muncul panas dan mulai terjadi proses pembusukan serta mendorong tumbuhnya jenis bakteri yang tidak diharapkan (jenis bakteri yang merugikan). Penumpukan yang terlalu tebal juga mengakibatkan penurunan kualitas hijauan dan kehilangan bahan kering. Oleh karena daun lebih cepat kering maka sebaiknya dilakukan pemotongan pada bagian batang untuk mempercepat proses pelayuan.

Kandungan bahan kering dari hijauan dapat diperkirakan dengan metode sebagai berikut:

- a. Pengambilan sampel hijauan yang dapat mewakili kondisi sebenarnya dari tanaman tersebut (bagian yang dimaksud termasuk daun dan batang)
- b. Pemotongan hijauan menjadi panjang 1 hingga 2 cm
- c. Meremas hijauan dengan erat menggunakan tangan selama 30 hingga 60 detik
- d. Membuka tangan dengan cepat dan amati kondisi hijauan utamanya jumlah air pada hijauan.

Apabila kandungan bahan kering (BK) hijauan telah mencapai sekitar 30%, maka hijauan memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Setelah hijauan diremas maka telapak tangan anda menjadi lembab tetapi tidak basah
- Tidak ada air yang menetes dari tangan Anda
- Hijauan yang diremas tidak akan cepat kembali pada bentuk aslinya.

3. Penambahan substrat yang mudah terfermentasi

Apabila hijauan segar tidak dilayukan, maka proses fermentasi dapat ditingkatkan dengan pencampuran hijauan yang telah dipotong dengan molase sebanyak 3% hingga 5% (berdasarkan bobot segar) tepat sebelum ensilase. Tidak dianjurkan menambahkan air pada molase karena kandungan air hijauan sudah tinggi, penambahan air hanya akan menurunkan kualitas fermentasi.

Umumnya molase dicampurkan secara merata pada hijauan, akan tetapi untuk pembuatan silase dalam jumlah banyak sebaiknya menuangkan molase pada setiap lapisan hijauan (ketebalan dari lapisan hijauan sekitar 10-15 cm). Penambahan molase menghasilkan silase dengan proses fermentasi yang lebih baik, berbau lebih manis, dan kualitas silase baik. Bahan aditif lain yang dapat ditambahkan sebagai substrat pendorong proses fermentasi antara lain bekatul, dedak padi atau konsentrat (10%) dengan molase (5%) (dituangkan di atas dedak padi atau bekatul) pada setiap lapisan hijauan. Dedak padi atau bekatul menghasil-

kan silase yang lebih kering dan lebih asam (pH 4,1) dibandingkan dengan silase tanpa penambahan aditif (pH 4,5).

4. Pemotongan hijauan dengan ukuran yang lebih pendek

Semakin pendek ukuran pemotongan maka semakin baik proses pemadatan silase, sehingga lebih sedikit udara yang terperangkap dalam hijauan, dan menghasilkan kualitas silase yang lebih baik. Panjang ukuran potongan hijauan sebaiknya 1 hingga 3 cm. Mekanisme pemotongan hijauan sebaiknya dengan cepat dan ukuran hijauan yang pendek. Pemotongan hijauan dapat dilakukan secara manual menggunakan pisau untuk mendapatkan ukuran pemotongan sama, akan tetapi pada pembuatan silase dalam jumlah besar memerlukan tenaga kerja dalam jumlah banyak dan memerlukan waktu yang cukup lama.

Pada ukuran pemotongan yang lebih panjang, penambahan molase (5-6% pada basis segar) dapat memperbaiki proses fermentasi. Bagian batang harus dipotong pada ukuran yang lebih kecil untuk memaksimalkan proses pemadatan, sedangkan ukuran pemotongan daun (jenis rumput) berkisar antara 3 sampai 8 cm.

5. Pemadatan hijauan sepadat mungkin

Hijauan harus dipadatkan sepadat mungkin, kerapatan pemadatan hingga jari-jari tidak dapat dimasukkan ke dalam tumpukan hijauan. Semakin pendek ukuran pemotongan hijauan, semakin padat hasil pengemasan hijauan serta semakin sedikit udara yang terjebak di dalam tumpukan hijauan.

Apabila proses pemadatan dilakukan dengan menginjak-injak hijauan, maka perlu diperhatikan adanya kantong udara di dalam tumpukan hijauan. Pada bagian tepi (sudut) tempat penyimpanan silase harus dipastikan benar-benar terisi dan dipadatkan dengan sempurna. Proses pemadatan hijauan untuk memenuhi bagian tepi (sudut) tempat penyimpanan silase harus dengan berhati-hati agar tidak merusak atau melubangi silo (terutama jika menggunakan kantong plastik). Apabila silo yang digunakan berupa ruangan yang terbuat dari semen atau bagian tanah yang dilubangi maka proses pemadatan harus dilakukan secara bertahap setiap kali pengisian hijauan ke dalam silo untuk memastikan pemadatan dilakukan secara sempurna. Pemadatan hijauan dilakukan pada setiap penambahan lapisan hijauan (ketebalan setiap lapisan hijauan tidak lebih dari 5-7 cm) sehingga hasil pemadatan sangat rapat.

6. Pengisian hijauan ke dalam silo harus dilakukan dengan cepat

Pengisian hijauan ke dalam tempat penyimpanan dan penutupan silo harus dilakukan dengan cepat, sebaiknya dilakukan dalam waktu singkat yaitu 1 hari dan maksimal 2 hari. Pengisian hijauan akan dapat dilakukan dengan cepat dengan menggunakan silo jenis kantong plastik, drum dan kotak beton dengan ukuran kecil.

Pada pembuatan silase pada jumlah besar, maka proses pengisian hijauan memerlukan waktu yang lebih panjang (beberapa hari). Apabila pengisian hijauan dilakukan beberapa hari maka dibuat lapisan pembatas berupa tumpukan hijauan dengan

ketebalan paling tidak 1 meter antara pengisian hari ini dengan pengisian hijauan pada hari berikutnya. Lapisan hijauan ini berperan sebagai lapisan penutup untuk hari sebelumnya sebelum ditambahkan dengan pengisian hijauan pada hari berikutnya. Apabila hijauan pada hari sebelumnya tidak tertutup dengan baik maka dapat terjadi kerusakan aerobik yang menyebabkan tumpukan memanas dan menurunkan kuantitas maupun kualitas silase.

Pada setiap malam hari, tumpukan hijauan harus ditutup dengan selembar plastik, lapisan tebal dari daun pisang atau kelapa hingga silo selesai terisi seluruhnya. Hal ini berguna untuk meminimalkan keluarnya udara bersuhu tinggi meninggalkan tumpukan hijauan, mencegah terjadinya arus konveksi udara (udara bersuhu tinggi akan berpindah ke tempat dengan suhu yang lebih rendah) sehingga mendorong lebih banyak udara masuk ke dalam silo. Hal ini sangat penting untuk diperhatikan pada hijauan tropis yang memerlukan proses pelayuan, karena spesies hijauan tropis lebih rentan terhadap kerusakan aerobik daripada spesies hijauan pada wilayah temperate.

7. Penutupan silo dengan erat

Silase dalam tempat penyimpanan harus ditutup dengan baik dan rapat untuk mencegah masuknya udara atau air, hal ini akan mempertahankan kualitas silase lebih baik dan tahan lebih lama dibandingkan silase dengan penutupan silo yang buruk. Adapun beberapa jenis silo yang biasa digunakan pada pembuatan silase adalah sebagai berikut:

a. Kantong plastik

Pada silase yang dibuat menggunakan silo berupa kantong plastik, untuk mencegah terjadinya kebocoran maka kantong plastik digunakan 2 lapis. Untuk memastikan bahwa kantong plastik telah tertutup dengan sempurna, maka bagian leher kantong plastik harus dipuntir kemudian diikat dengan kuat. Silase menggunakan kantong plastik harus disimpan dibawah naungan terhindar dari paparan sinar matahari secara langsung untuk mencegah kerusakan plastik serta meminimalkan terjadinya peningkatan suhu pada silase. Silase dengan silo berupa kantong plastik harus terlindung dari binatang yang dapat melubangi (misalnya tikus atau burung), hal ini bertujuan untuk mencegah kebocoran silo.

b. Drum plastik

Silase yang disimpan menggunakan drum plastik harus ditutup dengan selembar plastik sebelum dipasangkan penutupnya. Hal ini bertujuan untuk memastikan kondisi dalam drum kedap udara setelah ditutup rapat. Drum sebaiknya disimpan pada kondisi terbalik, disimpan dibawah naungan sehingga terlindung dari sinar matahari langsung untuk meminimalkan terjadinya peningkatan suhu pada silase.



(a)



(b)

Sumber: Dombro (2017); Kedoa (2014)

**Gambar 6. Penyimpanan silase menggunakan
(a) kantong plastik dan (b) drum plastik**

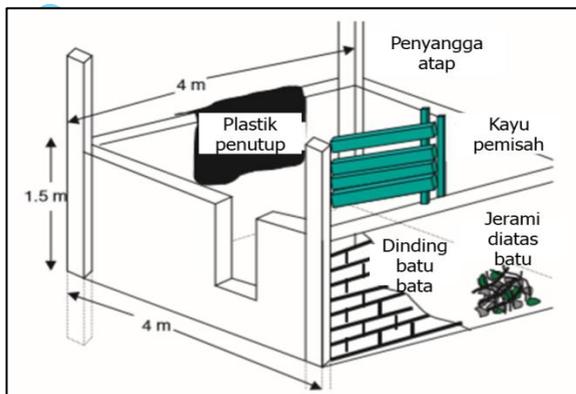
c. Silo kotak atau beton

Untuk mencegah kerugian akibat dari kerusakan secara aerobik setelah silase dibuka, maka lebih baik untuk membagi silo kotak atau beton menjadi kompartemen yang lebih kecil. Sekat dapat dibuat menggunakan jerami, lumpur, batu bata semen atau menggunakan kayu persegi panjang. Sebaiknya salah satu sisi tumpukan hijauan harus ditutup dengan plastik, untuk mencegah masuknya udara selama fase *feed out*. Jerami diletakkan diatas batu sebagai alas tumpukan hijauan yang bertujuan untuk perembesan air limbah silase, akan tetapi perlu dipastikan bahwa udara tidak dapat masuk ke dalam tumpukan hijauan. Tinggi batu sebagai alas dapat dibuat dengan ketebalan sekitar 2 sampai 4 cm (tergantung ukuran ketebalan dari tumpukan hijauan).

d. *Bunker silo*

Setelah proses pengisian silo selesai dan dapat dipastikan bahwa tumpukan hijauan telah dipadatkan dengan baik, maka silo harus ditutup menggunakan plastik. Jenis plastik yang digunakan sebaiknya plastik yang mengandung penghambat sinar ultraviolet (UV). Apabila jenis plastik semacam itu tidak tersedia maka perlu adanya penambahan lapisan tanah di atas plastik dengan ketebalan sekitar 10 hingga 15 cm untuk melindungi silase dari sinar matahari langsung.

Penggunaan plastik yang mengandung penghambat sinar ultraviolet (UV) sebagai penutup *bunker silo* tetap perlu diberi pemberat dibagian atas dengan ban yang dipotong setengah atau kantong berisi pasir/tanah, untuk memastikan plastik menutup silase dengan baik, mencegah masuknya udara dan kemungkinan terjadinya pergerakan tumpukan hijauan dibawah plastik. Bagian ujung plastik sebaiknya ditanam dalam tanah untuk memastikan kondisi silase kedap udara dan tertutup dengan baik.



(a)



(b)

Sumber: Moran (2005); Hawkins (2016)

Gambar 7. (a) silo kotak atau beton dan (b) bunker silo

8. Memastikan silase pada kondisi kedap udara

Semua jenis silo harus ditutup dengan rapat sehingga agar kondisi didalam silo menjadi kedap udara lalu disimpan. Apabila terdapat lubang pada plastik atau mulai terjadi penyusutan yang signifikan pada tumpukan hijauan sehingga menyebabkan udara masuk kedalam silase maka perlu segera ditangani. Jika terdapat limbah yang mengalir keluar dari silo selama lebih dari 2 hingga 4 minggu, hal ini merupakan indikasi bahwa silase secara perlahan mengalami kerusakan (membusuk) akibat dari masuknya udara ke dalam silo. Bagian silo yang terdapat lubang tempat masuknya udara harus segera ditemukan dan ditutup.

Apabila pada awal pembuatan silase menggunakan hijauan dengan kandungan bahan kering terlalu rendah, maka dapat dihasilkan limbah cair dari silase. Untuk mencegah aliran limbah

silase maka perlu dipastikan bahwa kandungan bahan kering hijauan di atas 30% untuk penyimpanan pada *bunker* silo dan 35% untuk penyimpanan pada silo menara. Persentase minimal dari kandungan bahan kering hijauan yang akan diawetkan dalam bentuk silase bervariasi tergantung pada ukuran dimensi silo. Faktor lain yang dapat menimbulkan limbah cair silase adalah aliran air hujan yang mengenai silase utamanya pada *bunker* silo.

Limbah cair silase mengandung sekitar 5% padatan termasuk gula tanaman dan protein terlarut. Produksi limbah cair dari silase menyebabkan hilangnya nutrisi dan energi dari hijauan. Pemetongan hijauan dengan ukuran yang lebih kecil menghasilkan lebih banyak limbah cair, sedangkan hijauan yang telah dikeringkan menghasilkan sedikit limbah cair. Kandungan bahan kering hijauan merupakan faktor utama yang menentukan jumlah dari limbah cair yang dihasilkan pada pembuatan silase. Limbah cair merupakan media pertumbuhan yang ideal untuk mikroorganisme. Apabila limbah menimbulkan bau yang menyengat maka dapat dipastikan bahwa populasi bakteri, khamir, kapang, berkembang pesat dan kemungkinan terdapat dominasi populasi *listeria* pada level tinggi. Hal ini dapat menciptakan kondisi lingkungan yang berbahaya di sekitar silo.

Silase dengan bahan dasar hijauan yang telah melalui proses pelayuan umumnya menghasilkan sedikit atau tidak ada limbah, kecuali penutupan pada tumpukan hijauan tidak dilakukan dengan sempurna. Silase yang dibuat menggunakan bahan dasar hijauan tanpa pelayuan akan menghasilkan limbah. Lim-

bah tersebut dapat keluar dari drum atau tumpukan hijauan (bocor) mengarah ke tanah. Limbah yang dihasilkan dari silase yang rusak harus ditangani sesegera mungkin agar tidak mencemari saluran air (air minum) karena dapat menyebabkan polusi. Polusi yang berasal silase dalam jumlah banyak dapat mencemari lingkungan serta membunuh ikan dan tanaman. Oleh karena itu limbah cair yang dihasilkan dari silase harus dialirkan dan dikumpulkan pada lubang khusus pembuangan limbah.

Pada silo berbentuk drum dan kantong plastik yang tertutup rapat kemungkinan dapat menghasilkan sedikit limbah dalam jumlah sedikit. Limbah dapat muncul perlahan melalui bagian penutup drum yang diposisikan terbalik ketika penyimpanan. Hal yang tidak boleh dilakukan jika terdapat limbah yang muncul pada silase adalah melepas tutup drum, membuka ikatan kantong plastik atau melubangi bagian bawahnya untuk membiarkan cairan limbah keluar. Apabila dilakukan, hal ini menyebabkan udara dalam jumlah besar masuk sehingga terjadi silase fermentasi yang sangat buruk, dan silase dapat berubah menjadi kompos.

Pada silo berbentuk menara produksi limbah cair terjadi lebih lambat, akan tetapi semakin besar kuantitas hijauan maka kandungan bahan kering semakin tinggi maka mempengaruhi tekanan pada silase. Tekanan pada bagian atasnya cenderung untuk memadatkan silase dan memeras keluar limbah cairnya. Tinggi dan diameter silo menara juga memengaruhi jumlah produksi limbah. Pemotongan hijauan menjadi ukuran yang lebih kecil menghasilkan lebih banyak limbah cair, dibandingkan

hijauan yang telah melalui proses pelayuan atau pengeringan menghasilkan sedikit limbah cair. Kandungan Bahan Kering dalam hijauan menentukan jumlah limbah yang akan dihasilkan.

9. Seluruh bagian permukaan silase yang telah dibuka harus segera diberikan pada ternak

Udara akan masuk kedalam silo segera setelah silase dipanen (untuk diberikan sebagai pakan ternak), dan silase akan mulai rusak. Silase dalam tempat penyimpanan yang kecil harus dihabiskan dalam kurun waktu 1 hingga 3 hari sejak pembukaan. Silase yang menggunakan silo berupa drum harus segera diberikan pada ternak tidak lebih dari tiga hari setelah dibuka. Untuk silase yang dibuat dalam jumlah besar, lapisan plastik dan beban pemberat tetap harus ditempatkan di atas permukaan silase yang terbuka untuk meminimalkan masuknya udara ke dalam silase.

Udara dapat masuk dengan sangat mudah ke dalam tumpukan silase yang dibuat menggunakan bahan dasar tanaman tropis apabila hijauan tidak dipotong sangat pendek (1-3 cm) atau tidak dipadatkan dengan baik. Pada silase yang dibuat dalam jumlah besar, seluruh permukaan tumpukan silase harus dihilangkan setiap hari hingga kedalaman minimal 20 cm. Jika silase diberikan sebagai pakan setiap dua hari sekali, maka setidaknya 30 hingga 40 cm harus dihilangkan pada hari kedua. Lebar dari tumpukan harus diperkirakan dengan baik untuk memastikan bahwa tidak lebih dari dua atau tiga hari waktu

yang diperlukan untuk menghabiskan seluruh bagian permukaan silase sebagai pakan ternak.

Pemindahan beban pemberat pada bagian atas tumpukan silase dilakukan sesuai dengan kebutuhan untuk mencegah udara kembali masuk ke dalam tumpukan, tepatnya dibagian bawah penutup silase. Apabila silase memanas setelah dibuka, maka terjadi kondisi dimana silase mulai memburuk sehingga menurunkan jumlah serta kualitas. Terjadi kerusakan secara aerobik yang sangat ekstrem apabila muncul uap air dari tumpukan atau temperatur silase menjadi sangat panas, maka laju pemberian pakan pada ternak harus dipercepat, kecuali penyebab dari permasalahan ini karena masuknya udara melalui cara lain.

10. Menentukan alasan yang terjadi apabila hasil pembuatan silase yang tidak baik

Penting untuk dapat belajar dari kesalahan dalam proses pembuatan silase, serta memastikan bahwa dalam pembuatan silase secara konsisten mendapatkan hasil silase yang berkualitas baik dari tahun ke tahun. Silase yang dibuat melalui proses fermentasi tidak berjalan dengan baik akan menurunkan tingkat palatabilitasnya, dan dalam beberapa kasus bahkan dapat beracun bagi ternak. Apabila setelah dibuka dijumpai karakteristik tersebut dibawah ini maka silase tersebut dalam kondisi rusak, adapun karakteristik yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Memiliki bau yang kuat, tajam, dan sangat tidak enak
- Memiliki bau amonia yang kuat

- Mengandung cairan dalam jumlah berlebih saat diperas atau cairan keluar secara terus menerus pada alas
- Berjamur atau berlendir
- Mengalami kerusakan pada tingkat tinggi (kehilangan lebih dari 20% bahan kering)
- Kondisi sedikit lembab dan berwarna cokelat tua
- Lembaran plastik atau tutupnya dapat menahan udara yang masuk selama beberapa hari

Pada awal pemberian silase sebagai pakan ternak, terdapat kemungkinan ternak tidak mengkonsumsi silase tersebut. Silase yang tidak dikonsumsi dibiarkan dalam wadah pakan selama satu jam atau lebih, sehingga dapat menyebabkan munculnya bau menyengat. Hal ini dapat mempengaruhi produktifitas dari ternak. Untuk menghindari kemungkinan muncul permasalahan kesehatan ternak, maka perlu diperhatikan apabila memberi pakan berupa silase berjamur pada ternak hamil dan menyusui.

Silase yang baik memiliki bau yang khas, akan tetapi terkadang bau tersebut asing bagi sebagian besar ternak. Oleh karena itu terkadang beberapa ternak langsung mengkonsumsi silase yang ditawarkan tanpa adanya bahan tambahan, seperti molase atau hijauan segar yang dicampur dengan silase sebelum diberikan pada ternak. Sangat jarang terjadi penolakan dari ternak terhadap silase apabila telah dilakukan pengenalan secara perlahan.

Walaupun peternak telah membuat silase berkualitas baik, akan tetapi tingkat adopsi petani terhadap pakan berupa silase

tidak selalu tinggi. Seperti halnya teknologi pemberian pakan lainnya seperti jerami padi yang diolah secara kimiawi, umumnya peternak tidak menyukai pemrosesan lanjut dari pakan ternak. Hal tersebut dianggap tidak efisien karena dalam penanganan pengawetan bahan pakan hijauan memerlukan waktu dan tenaga. Seringkali, peternak perlu melihat terlebih dahulu manfaat dari memberi pakan hijauan yang memiliki kualitas lebih baik untuk menghasilkan produksi susu yang lebih tinggi, sebelum peternak mau mengaplikasikan pembuatan silase dengan konsekuensi memerlukan tenaga lebih dibandingkan dengan membeli hijauan lain yang umumnya berkualitas rendah, sebagai pakan di musim kemarau. Permasalahan lain yang umumnya terjadi adalah kekurangan bahan baku hijauan yang tersedia secara melimpah pada musim hujan untuk dijadikan silase karena tingginya persediaan hijauan tersebut terbatas pada wilayah-wilayah tertentu.

5.2 Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan dalam Pembuatan Silase

Kontaminasi silase oleh mikroorganisme patogen dapat terjadi sebelum, selama, atau setelah proses ensilase, dan perlu diperhatikan sangat langkah-langkah pengendalian yang benar pada setiap tahap ini untuk mencegah kontaminasi. Sebelum dan selama proses ensilase, perlu dipastikan tahapan-tahapan yang mendukung proses fermentasi homolaktik oleh karena penurunan pH yang cepat sangat penting untuk menghambat *Clostridium spp.* dan *enterobacteriaceae*, yang menyebabkan proteolisis dan fermentasi butyric. Tahapan-tahapan tersebut adalah:

1. Memilih hijauan dengan rasio kandungan karbohidrat larut air terhadap kapasitas buffer yang tinggi, apabila tersedia jenis hijauan yang tahan terhadap jamur akan lebih baik untuk digunakan.
2. Pemanenan hijauan pada kadar air yang tepat untuk diensilase serta optimalisasi nilai gizi dan hasil biomassa.
3. Pelayuan dapat mencegah proteolisis tetapi meningkatkan konsentrasi Bahan Kering (BK) menjadi sekitar 35% untuk rumput dan 45% untuk leguminosa.
4. Pemotongan hijauan dengan panjang yang dapat memudahkan dalam proses pemadatan akan tetapi mempertahankan efektivitas fisik serat.
5. Pengisian hijauan sesegera mungkin ke dalam silo yang telah dilapisi dengan lembaran plastik yang sesuai.
6. Pemadatan hijauan dengan massa jenis sekitar 240 kg BK/m³ dalam silo.
7. Penyegelan silo dengan cepat menggunakan lembar yang sesuai untuk menjaga kondisi anaerob selama proses ensilase. Pengecekan secara teratur terhadap kemungkinan kemunculan lubang pada silo kemudian dilakukan penutupan.
8. Bahan aditif tidak selalu diperlukan dalam fermentasi yang baik, akan tetapi bahan aditif sangat berguna untuk meningkatkan fermentasi pada tanaman dengan kapasitas buffer yang tinggi, konsentrasi karbohidrat larut air yang rendah, atau kadar air yang tinggi. Bahan aditif yang mengandung molase, nitrat, asam anorganik dan asam format, asam buffer, atau

setidaknya 10^5 cfu/g jenis BAK yang spesifik (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilacti*, *Pediococcus pentosaceus*, dan *Enterococcus faecium*) dapat meningkatkan fermentasi homolaktik dengan menghambat bakteri yang tidak diinginkan, meningkatkan tingkat keasaman, serta mendominasi flora. Namun berbagai jenis bahan aditif dan proses manajemen merupakan faktor yang menentukan keberhasilan bahan aditif. Aditif juga memiliki manfaat sekunder misalnya: inokulasi dengan *Lactobacillus casei* telah berhasil mengurangi konsentrasi amina biogenik dari berbagai silase.

Khamir, kapang, *listeria*, dan *enterobacteriaceae* yang dapat bertahan pada proses fermentasi anaerob akan tumbuh dengan cepat ketika pH meningkat selama terjadi pembusukan secara aerobik. Oleh karena itu, manajemen yang memastikan stabilitas aerobik dari silase dan mencegah peningkatan pH saat pemanenan sangatlah penting. Untuk memastikan stabilitas aerobik, langkah-langkah berikut harus diterapkan:

1. Desain silo harus dapat meminimalkan ukuran dari bagian terbuka dari silo, mencegah masuknya oksigen.
2. Apabila diperlukan alat cukur harus digunakan untuk memastikan permukaan silo yang halus sehingga meminimalkan area permukaan yang terbuka dan mengurangi masuknya oksigen ke dalam silase.
3. Silase harus diberi pada ternak dengan cepat untuk meminimalkan lamanya waktu terpapar ke udara; tingkat kecepatan pengeluaran silo adalah 5 hingga 10 cm/hari dari menara silo,

10 hingga 15 cm/hari dari silo bunker, dan 30 atau lebih cm/hari dari silo yang menggunakan plastik. Tingkat kecepatan pengeluaran silo di daerah tropis setidaknya harus 30 cm/hari karena kondisi lembab dan hangat dapat meningkatkan pertumbuhan organisme pembusuk.

4. Penambahan asam propionat, asam asetat, asam sorbat, dan asam benzoat dapat meningkatkan stabilitas aerobik silase akibat dari senyawa antijamur yang terkandung didalamnya. Senyawa ini juga dikomersialkan sebagai penghambat pertumbuhan jamur. *Lactobacillus buchneri* dapat mendegradasi asam laktat menjadi asam asetat, yang menghambat pertumbuhan khamir dan kapang, sehingga meningkatkan stabilitas aerobik. Sehingga inokulan *Lactobacillus buchneri* telah berhasil digunakan untuk meningkatkan stabilitas aerobik dari beberapa hijauan.
5. Antioksidan seperti vitamin E dan selenium; inhibitor jamur seperti asam propionat, asam sorbat, asam asetat, dan asam benzoat; dan adsorben yang dapat mengikat mikotoksin telah berhasil digunakan untuk mengurangi risiko mikotoksikosis dan mencegah penularan aflatoksin ke dalam susu.

5.3 Silase Brangkasian Ubi jalar

Silase menggunakan bahan dasar brangkasian ubi jalar dilaksanakan oleh karena jumlahnya yang melimpah sehingga perlu adanya proses pengawetan yang tepat. Bahan aditif yang digunakan berupa umbi ubi jalar yang tidak dapat dikonsumsi karena ukurannya yang cukup kecil. Brangkasian ubi jalar dipo-

tong terlebih dahulu dan melalui proses pemotongan kemudian ditambahkan dengan potongan umbi ubi jalar. Setelah brangkasan dan umbi ubi jalar dicampur merata kemudian dimasukkan ke dalam silo berupa kantong plastik, dilakukan pemadatan lalu diikat dan disimpan untuk proses fermentasi selama 21 hari. Pada hari ke-21 silase dapat dipanen.

Tabel 8. Kandungan Nutrisi Silase Brangkasan Ubi Jalar dari Beberapa Kultivar pada Interval Pemangkasan yang Berbeda dengan Penambahan Umbi.

Interval Pemangkasan (Hari Setelah Tanam)	Kultivar	BK (%)	Abu (%)	BO (%)	PK (%)	SK (%)
90 HST	KUNINGAN PUTIH					
	S1	10,91	21,96	78,04	11,24	33,64
	S2	13,60	15,65	84,35	11,22	19,48
	S3	13,34	14,46	85,54	10,15	20,95
	S4	15,21	12,89	87,11	8,80	18,11
	BETA 2					
	S1	10,37	18,51	81,49	11,81	28,16
	S2	11,25	18,00	82,00	11,52	26,67
	S3	11,79	15,97	84,03	10,49	24,32
	S4	13,77	14,96	85,04	9,67	20,45
	KUNINGAN MERAH					
	S1	10,92	14,70	85,3	11,74	24,75

	S2	7,78	21,53	78,47	11,77	19,80
	S3	10,26	19,15	80,85	11,50	18,89
	S4	11,70	19,59	80,41	15,47	19,23
	BIS OP-61					
	S1	10,47	19,95	80,05	12,01	57,57
	S2	9,81	18,81	81,19	10,00	47,45
	S3	14,59	16,79	83,21	9,01	44,26
	S4	12,51	16,08	83,92	7,48	33,33
	73-OP-5					
	S1	11,71	20,42	79,58	13,92	24,63
	S2	10,80	19,47	80,53	10,91	21,59
	S3	11,26	17,66	82,34	8,94	20,39
	S4	11,96	16,21	83,79	10,28	22,47
	BIS OP-61-♀-					
	29					
	S1	10,36	17,68	82,32	12,28	19,58
	S2	11,74	17,33	82,67	7,69	19,30
	S3	11,92	16,30	83,70	5,54	16,32
	S4	13,69	13,76	86,24	12,89	15,87
	BIS OP-61- OP-22					
	S1	11,44	19,32	80,68	7,03	22,10
	S2	10,79	17,97	82,03	12,85	27,10
	S3	11,81	16,01	83,99	12,00	20,82
	S4	13,09	15,61	84,39	11,27	17,88
120 HST	KUNINGAN PUTIH					
	S1	14,45	14,72	85,28	11,03	29,83
	S2	16,16	13,63	86,37	10,56	25,92

S3	17,32	12,16	87,84	9,50	22,16
S4	18,47	10,30	89,70	8,60	20,46
BETA 2					
S1	14,41	15,81	84,19	10,89	32,06
S2	16,31	13,83	86,17	11,41	25,24
S3	16,29	12,23	87,77	13,19	21,82
S4	17,1	12,22	87,78	10,74	20,43
KUNINGAN MERAH					
S1	18,47	15,83	84,17	12,25	40,96
S2	13,48	15,15	84,85	9,78	17,50
S3	11,44	15,90	84,11	16,14	22,88
S4	17,80	15,81	84,19	10,86	15,92
BIS OP-61					
S1	16,26	12,36	87,64	10,57	33,46
S2	15,01	14,07	85,93	7,19	21,72
S3	14,75	13,59	86,41	7,51	18,72
S4	16,54	11,88	88,12	6,90	20,32
73-OP-5					
S1	16,16	13,75	86,25	9,61	28,98
S2	14,82	14,99	85,01	10,12	25,04
S3	14,44	14,08	85,93	11,20	23,31
S4	14,89	13,86	86,14	10,57	21,38
BIS OP-61-♀- 29					
S1	12,26	16,52	83,49	14,47	30,25
S2	12,27	15,52	84,48	10,54	26,81
S3	12,96	14,50	85,51	10,71	27,61
S4	14,37	13,23	86,78	10,58	24,67

	BIS OP-61- OP-22					
	S1	14,83	16,42	83,58	12,27	26,72
	S2	14,81	14,28	85,72	9,82	26,32
	S3	15,86	12,48	87,52	9,21	18,48
	S4	16,34	11,71	88,29	8,35	18,60
150 HST	KUNINGAN PUTIH					
	S1	20,6	15,03	84,97	10,75	30,01
	S2	18,45	13,14	86,86	9,32	24,05
	S3	20,18	10,8	89,2	8,25	17,28
	S4	22,15	9,6	90,4	7,05	15,81
	BETA 2					
	S1	19,43	13,91	86,09	10,50	27,55
	S2	19,65	13,18	86,82	10,26	26,71
	S3	19,47	12,51	87,49	9,92	23,39
	S4	19,70	11,89	88,11	8,03	23,25
	KUNINGAN MERAH					
	S1	13,93	15,86	84,14	9,74	29,94
	S2	7,07	15,48	84,52	8,66	25,14
	S3	14,06	14,22	85,78	8,64	27,39
	S4	15,66	14,37	85,63	9,64	22,81
	BIS OP-61					
	S1	18,00	12,51	87,49	10,35	27,08
	S2	19,20	11,09	88,91	8,92	24,04
	S3	19,41	10,38	89,62	7,78	23,54
	S4	23,33	8,55	91,45	6,49	16,79
	73-OP-5					

S1	18,37	13,70	86,3	9,70	30,47
S2	19,62	11,28	88,72	8,97	38,79
S3	20,62	10,13	89,87	7,25	45,20
S4	23,31	9,27	90,73	7,37	38,65
BIS OP-61-♀-29					
S1	15,13	15,81	84,19	11,70	30,00
S2	15,05	14,93	85,07	10,00	34,91
S3	16,45	13,26	86,74	8,27	21,76
S4	17,67	12,29	87,71	8,46	19,89
BIS OP-61-OP-22					
S1	19,53	13,82	86,18	12,81	19,25
S2	19,49	11,91	88,09	10,14	19,02
S3	19,97	10,51	89,49	8,24	17,74
S4	22,31	8,57	91,43	7,03	13,31

Keterangan: BK (Bahan Kering), BO (Bahan Organik), PK (Protein Kasar), dan SK (Serat Kasar)

S1 (Silase berbahan dasar 100% brangkasan ubi jalar tanpa penambahan umbi ubi jalar), S2 (Silase berbahan dasar 90% brangkasan ubi jalar dengan penambahan 10% umbi ubi jalar), S3 (Silase berbahan dasar 80% brangkasan ubi jalar dengan penambahan 20% umbi ubi jalar), S4 (Silase berbahan dasar 70% brangkasan ubi jalar dengan penambahan 30% umbi ubi jalar). Persentase perbandingan antara brangkasan ubi jalar dan umbi ubi jalar dalam bobot segar.

Tabel 9. Nilai DMD, OMD, TDN dan pH Silase Brangkanan Ubi Jalar dari Beberapa Kultivar pada Interval Pemangkasan yang Berbeda dengan Penambahan Umbi.

Interval Pemangkasan (Hari Setelah Tanam)	Kultivar	DMD (%)	OMD (%)	TDN (%)	pH
90 HST	KUNINGAN PUTIH				
	S1	49,24	49,49	40,55	4,6
	S2	49,56	47,56	42,39	4,4
	S3	51,80	50,45	45,32	4,7
	S4	53,31	53,94	49,34	4,2
	BETA 2				
	S1	42,43	38,85	33,24	5,0
	S2	44,61	45,93	39,55	4,2
	S3	47,55	50,96	44,96	4,6
	S4	53,80	57,20	51,07	4,0
	KUNINGAN MERAH				
	S1	46,14	47,22	42,29	4,5
	S2	53,34	55,42	45,67	4,9
	S3	53,00	55,27	46,92	4,7
	S4	48,96	50,80	42,89	4,3
	BIS OP-61				
	S1	54,56	59,87	50,32	4,6
	S2	53,43	57,44	48,97	4,5
	S3	54,96	57,56	50,29	4,7
	S4	53,98	55,16	48,60	4,5

	73-OP-5				
	S1	49,39	47,86	39,99	4,6
	S2	47,49	53,93	45,60	4,6
	S3	50,79	52,22	45,15	5,0
	S4	51,70	53,47	47,04	4,3
	BIS OP-61-♀- 29				
	S1	59,52	63,33	54,74	4,8
	S2	53,61	55,85	48,48	4,3
	S3	62,55	63,64	55,93	4,6
	S4	61,93	62,44	56,54	3,9
	BIS OP-61- OP-22				
	S1	47,35	51,12	43,30	4,6
	S2	52,80	51,59	44,44	4,9
	S3	49,45	53,19	46,91	4,7
	S4	50,18	54,15	47,98	4,6
120 HST	KUNINGAN PUTIH				
	S1	40,60	45,35	41,25	4,6
	S2	42,36	45,12	41,56	4,8
	S3	43,08	45,38	42,52	4,4
	S4	44,76	46,69	44,67	4,5
	BETA 2				
	S1	49,46	51,03	45,82	4,9
	S2	49,32	50,91	46,79	4,5
	S3	50,00	51,99	48,67	4,7
	S4	49,1	52,44	49,10	4,6
	KUNINGAN				

	MERAH				
	S1	63,71	49,90	44,44	4,7
	S2	53,12	51,10	45,91	4,5
	S3	60,96	49,35	43,93	4,7
	S4	42,44	48,79	43,47	4,7
	BIS OP-61				
	S1	57,72	54,26	50,19	4,6
	S2	43,83	52,13	47,30	4,2
	S3	51,54	52,06	47,50	4,2
	S4	51,27	53,13	51,15	4,4
	73-OP-5				
	S1	46,60	45,98	42,04	4,7
	S2	48,75	47,74	42,96	4,8
	S3	54,60	48,54	44,18	4,9
	S4	52,20	46,54	42,44	4,6
	BIS OP-61-♀-29				
	S1	52,08	50,69	44,78	4,6
	S2	49,05	50,07	44,72	4,7
	S3	53,22	49,60	44,88	4,9
	S4	53,95	51,06	46,89	4,4
	BIS OP-61-OP-22				
	S1	52,37	56,57	50,43	4,6
	S2	51,62	58,09	53,11	4,3
	S3	55,24	58,04	54,18	3,9
	S4	55,77	56,65	53,34	4,4
150 HST	KUNINGAN PUTIH				

S1	71,57	72,96	65,09	4,4
S2	72,24	67,70	61,74	4,3
S3	73,83	67,37	63,10	4,0
S4	77,10	67,86	64,41	4,2
BETA 2				
S1	66,22	57,45	51,93	4,6
S2	65,77	58,16	53,02	4,8
S3	67,48	57,56	52,88	4,6
S4	68,11	59,49	55,04	4,4
KUNINGAN MERAH				
S1	57,78	50,20	44,35	4,0
S2	58,93	51,14	45,39	4,5
S3	60,94	52,07	46,9	4,4
S4	59,12	49,00	44,06	4,1
BIS OP-61				
S1	67,44	60,47	55,55	3,9
S2	68,26	61,63	57,53	3,8
S3	69,89	61,58	57,94	3,8
S4	70,02	61,21	58,77	3,7
73-OP-5				
S1	50,37	42,85	38,83	3,4
S2	48,94	42,31	39,42	3,8
S3	48,54	42,81	40,39	3,8
S4	49,94	42,27	40,27	3,6
BIS OP-61-♀- 29				
S1	41,16	34,50	30,50	4,5
S2	41,94	34,37	30,70	5,0

S3	41,40	34,62	31,53	5,0
S4	41,61	34,94	32,18	4,0
BIS OP-61- OP-22				
S1	49,19	40,77	36,89	4,0
S2	49,77	41,01	37,93	4,3
S3	49,18	41,49	38,98	3,8
S4	48,24	41,30	39,65	4,2

Keterangan: DMD (*Dry Matter Digestibility*), OMD (*Organic Matter Digestibility*) dan TDN (*Total Digestible Nutrients*)

S1 (Silase berbahan dasar 100% brangkasan ubi jalar tanpa penambahan umbi ubi jalar), S2 (Silase berbahan dasar 90% brangkasan ubi jalar dengan penambahan 10% umbi ubi jalar), S3 (Silase berbahan dasar 80% brangkasan ubi jalar dengan penambahan 20% umbi ubi jalar), S4 (Silase berbahan dasar 70% brangkasan ubi jalar dengan penambahan 30% umbi ubi jalar). Persentase perbandingan antara brangkasan ubi jalar dan umbi ubi jalar dalam bobot segar.

Semakin meningkat level penambahan umbi ubi jalar pada pembuatan silase brangkasan ubi jalar menurunkan kandungan abu, protein kasar, serat kasar dan nilai pH. Sedangkan kandungan bahan kering, bahan organik, nilai Kecernaan bahan kering atau disebut dengan istilah *Dry Matter Digestibility* (DMD), nilai kecernaan bahan organik atau disebut dengan istilah *Organic Matter Digestibility* (OMD) dan TDN meningkat seiring dengan peningkatan level penambahan ubi jalar pada pembuatan silase

brangkasan ubi jalar. Semakin lama waktu pemangkasan brangkasan ubi jalar berdampak pada peningkatan kandungan bahan kering dan bahan organik, akan tetapi menurunkan kandungan abu dan protein kasar.



Gambar 8. Silase Brangkasan Ubi Jalar.

BAB VI

HAY

6.1 Prinsip Pembuatan Hay

Cara tradisional untuk mengawetkan tanaman (hijauan pakan ternak) adalah dengan pembuatan hay. Tingkat keberhasilan dari pembuatan hay bergantung sepenuhnya terhadap keadaan cuaca. Akan tetapi saat ini telah banyak diterapkan teknik pengeringan untuk mempercepat proses pengeringan hay menggunakan mesin lapangan dan peralatan pengeringan didalam gudang penyimpanan dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi proses serta mengurangi ketergantungan terhadap cuaca. Tujuan pembuatan hay adalah untuk mengurangi kadar air tanaman (hijauan pakan ternak) ke tingkat yang cukup rendah untuk menghambat aktivitas enzim tanaman dan mikroba.

Hay diproduksi dengan mengeringkan bahan pakan hijauan hingga kadar air 15% atau kurang. Penurunan kadar air pada hijauan pakan ternak hingga 10% atau lebih rendah, kemudian disimpan dengan benar sehingga tidak tumbuh jamur dan

kandungan nutrisi tetap terjaga. Pengawetan bahan pakan hijauan dalam bentuk hay bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pakan hijauan sepanjang tahun. Pada daerah tropis bahan pakan hijauan pada umumnya tersedia secara melimpah pada musim penghujan dan terjadi kekurangan bahan pakan hijauan pada musim kemarau. Oleh karena itu hay dibuat guna memenuhi kebutuhan pakan hijauan pada musim kemarau, atau musim dingin (salju) di wilayah *temperate*.

Pengeringan hay umumnya dilakukan dengan pemotongan hijauan kemudian proses pengeringan dengan bantuan angin dan sinar matahari. Lama waktu yang dibutuhkan dalam pengeringan hay membutuhkan waktu 2 hari hingga seminggu atau lebih, tergantung pada kondisi hijauan dan cuaca. Pemotongan hijauan dapat dilakukan dengan bantuan mesin pemotong yang memiliki rol untuk dilewati tanaman yang akan dipotong sehingga terjadi penghancuran batang dengan tujuan mempercepat proses pengeringan.

Tingkat kematangan yang optimal dari tanaman (hijauan) untuk dipotong sebagai bahan hay adalah ketika produksi bahan kering yang dapat dicerna (*Dry Matter Digestibility*) berada pada jumlah paling tinggi. Tahap optimal yang dimaksudkan adalah pada periode awal berkembangnya pucuk tanaman. Cuaca memiliki pengaruh besar dalam proses pembuatan hay, pemotongan tanaman sering harus ditunda disebabkan karena hujan.

Waktu yang baik untuk memotong tanaman (hijauan) sebagai bahan hay adalah pada sore hari ketika konsentrasi gula (fotosintat) berada pada jumlah paling tertinggi (optimal). Foto-

sintat ialah produk hasil fotosintesis yang pada umumnya berupa gula. Pada malam hari, jaringan tanaman memanfaatkan (*'burn up'*) gula untuk mendukung metabolisme tanaman. Pada siang hari, proses fotosintesis mengarah pada akumulasi karbohidrat non-struktural. Ternak menunjukkan preferensi lebih tinggi pada hay yang dipotong pada sore hari daripada di pagi hari karena konsentrasi gula yang lebih tinggi.

Pada mulanya, proses hilangnya air dari tanaman berlangsung sangat cepat terutama pada daun, karena bagian stomata terbuka. Stomata merupakan celah-celah kecil yang terdapat pada bagian epidermis tanaman, celah tersebut diapit oleh 2 sel epidermis khusus yang dapat membuka dan menutup sesuai dengan kebutuhan tanaman untuk melakukan proses transpirasi (proses hilangnya air dalam bentuk uap air). Dua sel epidermis khusus yang mengapit stomata disebut dengan sel penutup. Stomata dapat dijumpai pada semua bagian tanaman yang langsung bersentuhan dengan udara, umumnya banyak terdapat pada bagian daun. Ketika tanaman layu maka stomata menutup sehingga air harus menemukan jalan keluar melalui bagian epidermis lilin (*waxy epidermis*) yang terdapat pada bagian daun dan batang. Cairan yang terdapat di dalam batang membutuhkan waktu lebih lama untuk keluar. Oleh karena itu hijauan dengan ukuran yang lebih besar memerlukan perlakuan secara mekanis pada saat pemanenan agar tanaman dapat kering dengan merata dan dalam waktu yang wajar. Laju pengeringan tergantung pada: cuaca, sinar matahari, angin, dan faktor utama yaitu kadar air di udara.

Pengeringan harus dilakukan secepat mungkin untuk meminimalkan kerugian. Pada saat pemanenan, hijauan akan mengandung antara 70 dan 90% kadar air yang harus dikurangi menjadi antara 12 dan 20% sebelum hay dapat disimpan dengan aman. Kadar air yang tepat untuk penyimpanan tergantung pada berbagai faktor, antara lain: metode penyimpanan, kondisi iklim setempat, ukuran tumpukan hay, tempat penyimpanan hay dan karakteristik dari tanaman. Sebagai panduan umum dalam mempertahankan kualitas hijauan yang diawetkan dalam bentuk hay, maka kadar air sekitar 25% direkomendasikan sebagai batas maksimum untuk hay yang dibuat dari tanaman yang dibiarkan dalam ukuran panjang, kadar air 20% untuk hay dengan bahan dasar hijauan yang telah melalui proses pencacahan, dan 5% untuk hay dibuat dalam bentuk pellet.

6.2 Tujuan dalam Pengawetan Hijauan Pakan Ternak dalam bentuk Hay

Tujuan utama dari pembuatan hay adalah untuk mengurangi kadar air dalam hijauan dengan cepat dan ke tingkat yang tepat sehingga dapat menghambat reaksi biologis dan kimiawi. Pada proses pembuatan hay harus diawasi atau dilakukan pencegahan munculnya pertumbuhan jamur dan reaksi pencoklatan (*Browning reaction*) utamanya ketika penyimpanan hay seperti yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Pertumbuhan Jamur

Hay dengan kadar air berkisar antara 20%-35%, dapat menyebabkan jamur tumbuh sebagai mikroorganisme dominan

pada hay. Pertumbuhan jamur yang diharapkan terjadi pada proses pengawetan hijauan dalam bentuk hay karena:

- a. Jamur dapat mengkonsumsi nutrisi tanaman, menghasilkan karbon dioksida dan air, dan menyebabkan kehilangan bahan kering, nutrisi yang dapat dicerna, dan energi.
- b. Respirasi jamur menyebabkan pemanasan yang mungkin menyebabkan kebakaran pada hay.
- c. Jamur dapat menghasilkan racun yang dapat membahayakan kesehatan ternak dan menurunkan konsumsi pakan.
- d. Jamur menghasilkan spora, apabila spora tersebut terhirup oleh peternak, dapat menyebabkan penyakit paru-paru.
- e. Kemunculan jamur pada hay dapat mengurangi harga dari jerami yang dijual.

2. Reaksi pencoklatan (*Browning reaction*)

Apabila muncul jamur pada hay, pertumbuhan jamur tersebut dapat meningkatkan suhu hay menjadi 100 ° F atau lebih tinggi, maka terjadi reaksi pencoklatan yang hebat. Reaksi ini menggabungkan asam amino dan gula menjadi bentuk ADIP (*Acid Detergent Insoluble Protein*). Reaksi pencoklatan (*Browning reaction*) tidak diharapkan terjadi pada proses pengawetan hijauan dalam bentuk hay karena:

- a. Reaksi pencoklatan menyebabkan peningkatan ADF dan ADIP. Apabila jumlah ketersediaan ADF dan ADIP dalam jumlah besar dapat mengurangi pencernaan pakan ternak.

- b. Reaksi kecoklatan yang menyebar dengan luas dan parah dapat mengakibatkan pembakaran spontan dan kebakaran pada hay.

6.3 Kandungan Nutrisi yang Hilang dalam Proses Pembuatan Hay

Kehilangan nutrisi dapat terjadi ketika hijauan diawetkan dalam bentuk hay. Hilangnya nutrisi selama pembuatan hay dapat terjadi akibat dari aktivitas enzim tanaman dan mikroba, oksidasi, hujan dan kerusakan akibat penanganan secara mekanis.

a. Aktivitas enzim tanaman

Pada cuaca yang tidak menentu hijauan segar perlu ditangani dengan benar sehingga dapat mengering lebih cepat dan memperkecil kemungkinan hilangnya kandungan nutrisi pada hijauan akibat dari aktivitas enzim tanaman. Perubahan kandungan nutrisi utamanya pada karbohidrat yang mudah larut dan komponen nitrogen. Pada tahap awal proses pengeringan, terjadi perubahan komponen WSC seperti pembentukan fruktosa dari hidrolisis fruktan. Waktu pengeringan lebih lama mengakibatkan hilangnya sebagian besar heksosa karena proses respirasi, hal ini menyebabkan peningkatan konsentrasi kandungan nutrisi lain yaitu komponen dinding sel, yang tercermin dalam bentuk NDF (*Neutral Detergent Fiber*). Pada tanaman yang baru dipotong, protease pada tanaman memecah protein menjadi asam amino yang dapat larut dengan air. Enzim protease dalam sel tanaman kemudian dengan cepat menghidrolisis protein menjadi peptida

dan asam amino, hidrolisis diikuti oleh beberapa degradasi asam amino jenis tertentu.

Pada proses pembuatan hay dilakukan pemotongan pada tanaman yang tumbuh dilahan. Secara metabolik tanaman yang telah dipotong tersebut akan terus aktif hingga getah didalam sel berkurang. Oleh karena itu terjadi proses respirasi sel yang memanfaatkan cadangan karbohidrat yang sebelumnya disimpan dalam jaringan tanaman. Sebanyak 4 hingga 15 persen dari bahan kering (BK) awal dapat hilang akibat terjadinya respirasi pada sel tanaman selama proses pelayuan.

Sejumlah peralatan dan metode perlakuan yang digunakan untuk mempercepat proses pengeringan di lapangan. Pembuatan hay dari rumput dalam skala besar umumnya dipotong menggunakan mesin pemotong yang dilengkapi dengan alat penggaruk serta penggulung yang dapat membantu memecah struktur sel tanaman serta memungkinkan membentuk celah sehingga udara untuk lebih mudah mengalir pada sela-sela tanaman. Terdapat mesin tambahan yang digunakan untuk membalik atau memotong dengan ukuran tanaman yang lebih kecil.

b. Aktivitas mikroorganisme

Pengeringan hay yang berkepanjangan akibat dari cuaca buruk dapat mempengaruhi kandungan nutrisi hay yang disebabkan oleh aktivitas bakteri dan jamur. Fermentasi bakteri terjadi setelah hijauan dipotong dan diletakkan di lapangan selama beberapa hari. Fermentasi ini mengarah pada produksi asam asetat dan asam propionat dalam konsentrasi yang rendah.

Hay yang berjamur memiliki tingkat palatabilitas yang rendah serta berbahaya bagi ternak dan manusia akibat dari keberadaan mikotoksin. Hay semacam ini kemungkinan mengandung actinomycetes yang bertanggung jawab atas penyakit alergi yang menyerang manusia dikenal sebagai "farmer's lung".

Apabila hay terpapar air hujan ketika proses penjemuran di lapangan maka dapat terjadi mungkin ada pertumbuhan jamur saprofitik atau "field fungi" seperti *Fusarium*, *Alternaria* dan *Cladosporium spp.* Pertumbuhan jamur saprofitik terhenti pada kondisi penyimpanan kemudian berganti dengan dominasi pertumbuhan jamur yang dapat hidup pada proses penyimpanan atau disebut "storage fungi" seperti *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Trichothecium spp.* Jenis organisme ini hidup pada hay serta dapat menghasilkan mikotoksin seperti aflatoksin dan trikotecena yang berbahaya bagi manusia dan ternak. Penyakit "farmer's lung" disebabkan karena menghirup debu dari hay yang sangat berjamur. Konsentrasi spora jamur dalam jumlah besar ditemukan di udara ketika hay tersebut dipindahkan atau diberi untuk pakan ternak. Pada ternak sapi yang diberi pakan dengan hay yang mengandung spora jamur dapat terserang penyakit pernapasan.

c. Oksidasi

Ketika hijauan dikeringkan di lapangan terjadi proses oksidasi yang dapat dilihat berdasarkan hilangnya kandungan pigmen tanaman. Kehilangan kandungan vitamin dapat terjadi pada proses pengeringan dan penyimpanan hay. Aktivitas vitamin A erat hubungannya dengan β -karoten dan pigmen karote-

noid lainnya yang dapat menurun secara signifikan selama pengeringan hay utamanya saat terpapar oleh sinar matahari. Hilangnya karoten berkorelasi positif dengan hilangnya pigmentasi hijau pada tanaman; hay yang berwarna hijau terang merupakan sumber vitamin A yang sangat baik, sedangkan hay yang sudah kering biasanya tidak mengandung karoten. Sebaliknya, pada hijauan yang berwarna hijau setelah melalui proses pengeringan, tidak memiliki kandungan vitamin D. Vitamin D terbentuk oleh aktivasi sterol dari paparan sinar matahari setelah tanaman dipotong. Sinar matahari memiliki efek positif terhadap pada kandungan vitamin D dari hay karena iradiasi ergosterol hadir dalam tanaman hijau.

d. Hujan

Kerusakan akibat hujan juga dapat mengurangi kualitas hay, terutama apabila hay sudah cukup kering ketika terpapar hujan. Air hujan dapat melarutkan protein, karbohidrat, dan mineral sehingga mengakibatkan hilangnya kandungan nutrisi hay. Hal ini menyebabkan konsentrasi komponen dinding sel yang tercermin pada kandungan serat menjadi lebih tinggi. Hujan memperpanjang aktivitas enzim di dalam sel tanaman yang menyebabkan hilangnya kandungan nutrisi yang mudah larut. Paparan hujan terhadap hay dapat mendorong pertumbuhan jamur penghasil mikotoksin serta mengurangi palatabilitas dari hay. Hay yang rusak akibat hujan perlu dilakukan pengecekan untuk mencegah kerugian yang lebih besar.

e. Penanganan secara mekanis

Penyebab utama yang lain dari kehilangan nutrisi akibat daun yang terkoyak selama proses penggarukan atau pengepakan. Bagian daun yang hancur atau terlepas dari batang menyebabkan hilangnya kandungan nutrisi hay. Selama proses pengeringan, daun kehilangan kandungan air lebih cepat dari batang, sehingga menjadi rapuh dan mudah hancur ketika penanganan. Penanganan secara mekanis yang berlebihan menyebabkan hilangnya bagian daun padahal bagian daun memiliki kandungan nutrisi yang dapat dicerna lebih tinggi dibandingkan dengan bagian batang. Sehingga hay yang dihasilkan memiliki nilai kandungan nutrisi yang lebih rendah.

Apabila hay tidak cukup kering saat disimpan maka dapat terjadi panas. Peningkatan suhu dari hay dapat disebabkan oleh respirasi mikroba (panas yang dihasilkan dari proses fermentasi). Suhu pada hay dapat meningkat pada kondisi sedang tanpa mengakibatkan kerusakan. Panas yang berlebihan dapat menyebabkan browning non-enzimatik, yang merupakan reaksi panas akibat diinduksi antara protein dan karbohidrat. "*Browning reaction*" yang dikenal sebagai reaksi Maillard atau pencoklatan dapat mengurangi ketersediaan protein. Hay yang berwarna coklat dan memiliki bau seperti tembakau pada tingkat sedang sebenarnya dapat meningkatkan palatabilitas. Tingkat kerusakan yang terjadi akibat panas dapat diketahui dengan mengukur kandungan nitrogen pada ADF. Produk pada reaksi pencoklatan adalah polimer yang berhubungan dengan fraksi ADF. Ketika

kandungan nitrogen pada ADF meningkat, pencernaan protein pada hijauan akan menurun. Ketika jumlah nitrogen terikat dengan ADF melebihi sekitar 30 persen dari total nitrogen, maka hay dinyatakan mengalami kerusakan akibat panas yang menyebabkan penurunan konsumsi dan pencernaan terhadap hay.

Hal yang perlu menjadi perhatian utama pada penyimpanan hay yang memiliki kelembaban tinggi adalah terbentuknya dari panas sehingga dapat menyebabkan pembakaran spontan yang mengarah pada kebakaran gudang. Pada hay yang lembab terjadi dua periode peningkatan suhu. Peningkatan suhu yang pertama terjadi beberapa hari setelah penyimpanan akibat dari respirasi sel tanaman. Terjadi peningkatan suhu hingga sekitar 35°C (95°F), serta peningkatan kelembaban yang muncul akibat dari panas. Kenaikan suhu berikutnya terjadi akibat dari aktivitas mikroba utamanya karena pertumbuhan jamur. Suhu tinggi dapat terjadi pada hay yang ditumpuk, kenaikan suhu hingga mencapai 60°C (140°F), oleh karena itu hay harus sering dilakukan pengecekan. Apabila suhu mencapai 160°F maka hay harus diperiksa setiap jam. Dan jika suhu hay meningkat terus hingga mencapai 180°F dapat terjadi kemungkinan kebakaran, hay harus dikeluarkan dari gudang penyimpanan untuk mencegah terjadinya kebakaran. Pada hay yang bersuhu tinggi sangat mudah terjadi pembakaran spontan apabila terpapar oksigen.

6.4 Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan dalam Pembuatan Hay

Hal-hal yang perlu diperhatikan selama pembuatan hay, yaitu:

1. Cuaca harus kering; seharusnya tidak ada kemungkinan hujan dan embun. Hujan dapat menurunkan kualitas hay, oleh karena itu, harus dibuat ketika cuaca baik.
2. Intensitas cuaca mempengaruhi nilai nutrisi hay. Nilai nutrisi hay dapat hilang jika dibuat selama cuaca yang sangat dingin atau sangat panas.
3. Tingkat kematangan tanaman; proses pemanenan dilakukan pada tingkat kematangan tanaman yang tepat, tidak terlalu awal atau terlalu akhir.
4. Jenis tanaman berbunga harus dipanen pada awal tahap berbunga, yang artinya pemanenan dilakukan sebelum tanaman berbunga sebanyak 10%.
5. Pemanenan pakan ternak harus sesuai dengan baris penanamannya.
6. Kandungan nutrisi lebih banyak terdapat pada daun daripada di batang. Akan tetapi daun lebih cepat kering dari batang selama proses pengeringan. Sehingga kemungkinan terjadi kerontokan daun pada saat pengeringan terutama pada kondisi yang sangat panas, hal ini menyebabkan hilangnya nilai nutrisi pakan ternak. Oleh karena itu tidak disarankan untuk jangan meninggalkan tanaman yang dipanen dibawah sinar matahari untuk waktu yang lama.
7. Apabila kondisi lahan tempat pemanenan tanaman memiliki tingkat kelembaban yang tinggi maka hijauan pakan ternak perlu disebar pada tempat yang luas, bersih dan kering.
8. Hay memerlukan waktu 2-3 hari untuk proses pengeringan selama musim panas dan 5-6 hari untuk proses pengeringan dalam musim dingin (penghujan).

9. Apabila proses pengeringan pakan ternak dilakukan dengan hati-hati dan tanpa penundaan, maka dapat meminimalkan hilangnya kandungan nutrisi dari tanaman.
10. Kadar air dari hay hari pada kisaran 10-12 persen.
11. Tempat penyimpanan hay harus rapi, bersih dan kering karena resiko pertumbuhan jamur lebih tinggi jika disimpan di tempat yang lembab. Hay harus disimpan pada tempat teduh sehingga dapat terlindungi dari air hujan, dan berventilasi baik.
12. Pada beberapa negara, Hay dibuat dengan pengaturan suhu dan kipas angin

6.5 Bahan Aditif dalam Pembuatan Hay

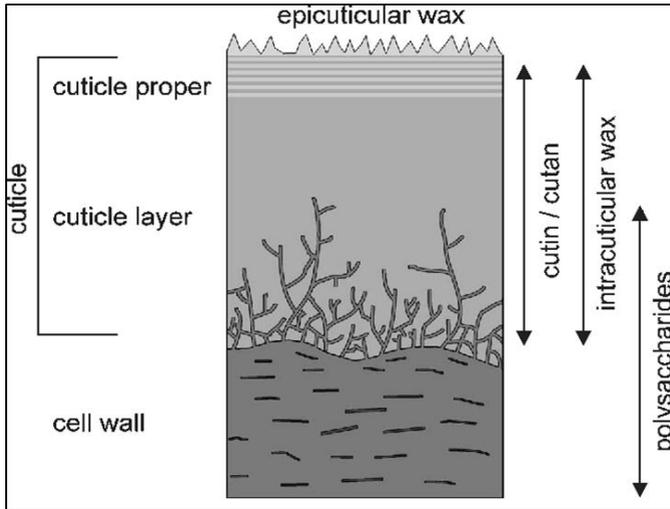
Terdapat dua strategi utama dalam penambahan aditif dalam hay. Bahan aditif yang pertama adalah senyawa pengering (*Drying agent*) yang berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan di lapangan, tetapi kadar air maksimal tanaman pada saat penyimpanan berkisar antara 18% -20%. Bahan aditif yang kedua adalah senyawa penghambat (inhibitor) yang berfungsi untuk membatasi proses aerobik sehingga proses penyimpanan hay pada kondisi yang aman walaupun kadar air pada hay diatas 20%. Senyawa ini dapat mengurangi kemungkinan kerusakan akibat hujan.

Terdapat sejumlah aditif yang dapat digunakan dengan tujuan untuk mempersingkat waktu yang dibutuhkan dalam mengeringkan hay. Desikan (bahan atau zat yang dapat menye-

rap uap air) seperti alkali, ketika disemprotkan pada saat pemotongan bahan hay akan membantu proses pemecahan lapisan luar cutin sehingga mempercepat pengeringan. Berbagai alkali (kalium karbonat, natrium karbonat, dan natrium hidroksida) dapat mempersingkat waktu pengeringan beberapa jenis rumput dan legum tropis. Bahan yang paling efektif adalah natrium hidroksida dan kalium karbonat. Larutan alkali melarutkan lapisan lilin kutikula (*waxy cuticle layer*) pada permukaan daun, sehingga memungkinkan proses pengeluaran air dalam jumlah yang lebih besar dari daun. Bahan kimia lain seperti natrium azida dapat meningkatkan laju pengeringan dengan menghambat penutupan stomata di daun. Selain mempercepat waktu pengeringan, desikan juga mengurangi kehilangan nutrisi dari proses respirasi sel.

Senyawa yang membantu proses pengeringan (*Drying agent*) untuk hay umumnya adalah larutan dengan bahan dasar berupa air yang disemprotkan pada tanaman ketika pemotongan untuk mempercepat proses pengeringan hay. Senyawa jenis ini terdiri dari kalium karbonat (K_2CO_3) dan/atau natrium karbonat (Na_2CO_3) serta surfaktan untuk membantu penyebarannya. Surfaktan merupakan senyawa kimia dapat mempersatukan campuran yang terdiri dari minyak dan air, oleh karena pada senyawa ini terdapat molekul yang memiliki gugus polar yang mudah berikatan dengan air (hidrofilik) dan gugus non polar yang mudah berikatan dengan minyak (lipofilik) secara bersamaan. Senyawa jenis ini tidak bersifat korosif sehingga relatif aman pada proses penanganannya. Senyawa yang membantu proses pengeringan (*Drying agent*) umumnya melarutkan kuti-

kula lilin yang terdapat pada bagian luar batang, serta mengurangi kemampuan tanaman untuk mempertahankan kadar airnya selama proses pengeringan.



Sumber: Bargel, Koch, Cerman dan Neinhuis (2006)

Gambar 9. Struktural Kutikula Tanaman

Pada daerah dengan tingkat kelembaban yang tinggi umumnya banyak digunakan bahan pengawet hay untuk mengurangi tingkat pembusukan pada hay dengan kandungan air yang masih cukup tinggi serta untuk mempersingkat waktu pengeringan di lapangan ketika cuaca buruk. Berbagai bahan kimia telah digunakan dengan berbagai tingkat keberhasilan. Metode paling kuno yang telah digunakan selama bertahun-tahun adalah penyemprotan garam (Natrium klorida/NaCl) di atas hay ketika akan disimpan. Garam memiliki efek desikan

serta menyerap uap air dari hay sehingga dapat membantu mengurangi pembusukan. Hay yang memiliki rasa asin juga meningkatkan palatabilitas ternak. Akan tetapi garam tidak memiliki aktivitas antimikroba.

Penambahan amonia dapat mempertahankan proses penyimpanan hay pada kondisi aman walaupun kadar air yang terkandung dalam hay lebih dari 20%. Amonia mencegah pertumbuhan jamur dan menjaga suhu pada tingkat yang aman. Lebih banyak amonia yang harus ditambahkan apabila kadar air hijauan meningkat akibat dari hujan. Pengawetan dengan menggunakan amonia akan lebih efektif jika hay ditutup, dibungkus atau dimasukkan ke dalam kantong setelah penambahannya pada hay. Amonia tidak akan hilang melalui proses penguapan. Penambahan amonia pada hay dengan kandungan protein tinggi dapat menyebabkan masalah yaitu toksisitas. Toksisitas adalah kemampuan dari suatu zat atau bahan sehingga memiliki dampak yang dapat menyebabkan kerusakan atau berbahaya terhadap suatu organisme.

Bahan pengawet hay, seperti asam organik, terutama asam propionat dapat menghambat pertumbuhan jamur dan memungkinkan penyimpanan hay pada kadar air yang lebih tinggi. Asam propionat (C_2H_5-COOH) adalah asam organik yang dapat menghambat aktivitas aerobik pada hay sehingga dapat mempertahankan proses penyimpanan hay pada kondisi yang aman walaupun kadar airnya lebih dari 20%. Mekanisme kerja dari asam propionat adalah dengan mengganggu proses enzimatik yang terkait dengan proses respirasi tanaman dan mikroba.

Efektifitas dari asam propionat berkaitan dengan faktor utama yaitu level penambahan. Pencampuran dengan baik diperlukan agar asam propionat dapat bekerja secara efektif. Asam propionat berbahaya bagi kulit dan mata, dan bersifat korosif terhadap peralatan pertanian. Oleh karena itu harus ditangani dan disimpan dengan hati-hati. Perlunya melakukan tindakan pencegahan dalam penggunaan asam propionat sebagai bahan aditif pada hay diantaranya mengenakan pakaian pelindung lengan panjang, pelindung mata dan wajah, sarung tangan, celana panjang, dan sepatu bot.

Asam format dan asam propionat memiliki aktivitas antijamur serta memiliki efek yang menguntungkan dalam mencegah pembusukan. Penambahan asam propionat pada pembuatan hay cukup efektif dalam studi laboratorium skala kecil, tetapi pada praktik penggunaannya sebagai bahan pencegah kerusakan pada hay masih memerlukan tingkat aplikasi yang sangat tinggi. Asam format dapat menghambat pertumbuhan berbagai macam jamur kecuali *Aspergillus flavus* yang mampu memproduksi aflatoksin. Bahan pengawet hay yang paling efektif adalah amonia anhidrat akan tetapi penerapannya ketika penyimpanan hay sulit dan berbahaya. Urea dapat digunakan sebagai sumber amonia, yang terbentuk sebagai hasil dari aktivitas urease pada hay. Urea atau perlakuan amonia tidak hanya berperan sebagai pengawet tetapi juga meningkatkan pencernaan serat serta kandungan nitrogen pada hay. Secara umum penggunaan optimal dari amonia anhidrat adalah sebanyak 3 persen. Perlakuan dengan penambahan urea tidak seefektif kinerja dari amoniasi secara langsung.

Beberapa bahan pengawet hay yang tersedia secara komersial mengandung bakteri *Pediococcus pentosaceus*. Ketika diaplikasikan pada hay dengan kadar kelembaban tinggi, organisme ini tumbuh dan menghasilkan produk metabolit seperti hidrogen peroksida, asam organik, dan anti bakteri (bakterosin) yang dapat menghambat pertumbuhan jamur dan bakteri. Inokulan ini tidak efektif sebagai pengawet apabila pada praktiknya hay terkena air hujan. Inokulan hay adalah mikroorganisme yang dengan tujuan untuk mengawetkan hay dengan kadar air yang tinggi.

6.6 Hay Brangkas Ubi Jalar

Di negara berkembang, seperti di Indonesia sangat mudah menjumpai tanaman ubi jalar. Brangkas ubi jalar merupakan limbah pertanian dengan kandungan nutrisi yang cukup baik dan jumlahnya melimpah terutama pada musim penghujan. Umumnya brangkas digunakan sebagai pakan ternak diberikan secara langsung pada kondisi segar. Oleh karena jumlahnya yang melimpah sehingga kebutuhan ternak telah tercukupi, maka perlu adanya proses pengawetan untuk brangkas yang belum dapat dimanfaatkan, yaitu dengan pembuatan hay. Hay brangkas ubi jalar dibuat menggunakan bagian pucuk tanaman (25% dari ujung sulur tanaman) kemudian dikeringkan hingga bahan kering menurun hingga dibawah 20%. Proses pengeringan brangkas ubi jalar memerlukan waktu 7 hari dengan sinar matahari. Hay brangkas ubi jalar dengan interval pemangkasan yang berbeda berdampak pada kandungan bahan

kering, bahan organik, abu, protein kasar, serat kasar, nilai kecernaan bahan kering atau disebut dengan istilah *Dry Matter Digestibility* (DMD), nilai kecernaan bahan organik atau disebut dengan istilah *Organic Matter Digestibility* (OMD) dan TDN (*Total Digestible Nutrients*) disajikan pada tabel 10 dan 11.



Gambar 10. Hay Brangkasan Ubi Jalar

Tabel 10. Kandungan Nutrisi Hay Brangkasan Ubi Jalar dari Beberapa Kultivar pada Interval Pemangkasan yang Berbeda

Interval Pemangkasan (Hari Setelah Tanam)	Kultivar	BK (%)	BO (%)	Abu (%)	PK (%)	SK (%)
90 HST	KUNINGAN PUTIH	78,53	14,57	85,43	14,64	22,05
	BETA 2	68,76	13,57	86,43	14,93	19,19
	KUNINGAN MERAH	84,40	15,32	84,68	16,25	16,81
	BIS OP-61	55,70	13,25	86,75	16,79	18,32

	73-OP-5	71,42	14,01	85,99	22,54	21,71
	BIS OP-61-♀-29	67,32	14,97	85,03	10,98	17,69
	BIS OP-61-OP-22	66,89	13,66	86,34	15,81	18,78
120 HST	KUNINGAN PUTIH	89,52	13,22	86,78	15,75	15,90
	BETA 2	90,49	12,88	87,12	16,30	16,29
	KUNINGAN MERAH	93,64	15,81	84,19	12,81	18,23
	BIS OP-61	93,09	11,50	88,50	14,16	15,61
	73-OP-5	94,69	13,48	86,52	14,85	17,11
	BIS OP-61-♀-29	92,45	13,65	86,35	14,94	15,09
	BIS OP-61-OP-22	94,62	12,34	87,66	13,12	16,22
150 HST	KUNINGAN PUTIH	90,10	13,80	86,20	17,33	16,60
	BETA 2	90,25	12,55	87,45	13,74	19,36
	KUNINGAN MERAH	90,94	14,15	85,85	11,28	17,05
	BIS OP-61	90,99	11,11	88,89	16,75	17,67
	73-OP-5	90,95	13,42	86,58	9,31	16,37
	BIS OP-61-♀-29	90,59	13,82	86,18	14,77	15,79
	BIS OP-61-OP-22	91,39	12,93	87,07	15,46	15,39

Keterangan: BK (Bahan Kering), BO (Bahan Organik), PK (Protein Kasar), dan SK (Serat Kasar)

Tabel 11.

Nilai DMD, OMD dan TDN Hay Brangkas Ubi Jalar dari Beberapa Kultivar pada Interval Pemangkas yang Berbeda.

Interval Pemangkas (Hari Setelah Tanam)	Kultivar	DMD (%)	OMD (%)	TDN (%)
90 HST	KUNINGAN PUTIH	57,43	62,58	54,82
	BETA 2	59,30	68,55	60,66
	KUNINGAN MERAH	57,13	65,93	56,90
	BIS OP-61	61,86	61,09	54,15
	73-OP-5	74,90	67,65	59,61
	BIS OP-61-♀-29	48,55	55,72	48,56
	BIS OP-61-OP-22	65,10	69,25	61,19
	120 HST	KUNINGAN PUTIH	58,73	60,27
BETA 2		61,16	63,29	58,36
KUNINGAN MERAH		65,30	65,44	58,33
BIS OP-61		60,07	62,18	58,24
73-OP-5		64,05	67,34	61,66
BIS OP-61-♀-29		61,99	63,92	58,42
BIS OP-61-OP-22		63,19	66,06	61,29
150 HST		KUNINGAN PUTIH	78,04	70,76
	BETA 2	74,47	66,60	61,16
	KUNINGAN	75,05	65,82	59,33

	MERAH			
	BIS OP-61	63,82	54,54	50,91
	73-OP-5	67,07	59,75	54,32
	BIS OP-61-♀-29	71,98	62,14	56,23
	BIS OP-61-OP-22	89,20	82,15	75,10

Keterangan: DMD (*Dry Matter Digestibility*), OMD (*Organic Matter Digestibility*) dan TDN (*Total Digestible Nutrients*)

DAFTAR PUSTAKA

- Adu-Kwarteng, Evelyn, Esther O. Sakyi-Dawson, George S. Ayernor, Van-Den Truong, Fred F. Shih, and Kim Daigle. 2014. Variability Of Sugars In Staple-Type Sweet Potato (*Ipomoea Batatas*) Cultivars: The Effects Of Harvest Time And Storage. *International Journal of Food Properties*, 17:410–420.
- Bagel, H., K. Koch, Z. Cerman and C. Neinhuis. 2006. Structure–function relationships of the plant cuticle and cuticular waxes — a smart material? *Functional Plant Biology*, 2006, 33, 893–910.
- Cheeke, P. R. 2004. *Applied Animal Nutrition, Feeds and Feeding* Third Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Dombro, Dexter. 2017. Making Silage in Vichada, Colombia. <https://tree-nation.com/projects/la-pedregosa/article/1791-making-silage-in-vichada-colombia>. Diakses pada tanggal 22 November 2019.

- Fuller, M. F. 2004. Encyclopedia of Animal Farm Nutrition. CAB International Publishing. Wallingford, United Kingdom.
- Hawkins, Max. 2016. Canada harvest analysis: Safely store away corn silage, wheat. <https://www.progressivedairycanada.com/topics/feed-nutrition/canada-harvest-analysis-safely-store-away-corn-silage-wheat>. Diakses pada tanggal 22 November 2019.
- Huaman, Z. 1992. Systematic botany and morphology of the sweetpotato plant. Technical information bulletin 25. International Potato Center (CIP), Lima, Peru. 22 pp.
- Javed, M. N. 2011. Hay Making "A Solution for Green Fodder Shortage". Tetra Pak Pakistan Limited.
- Kedoa, Gowa Nius. 2014. CARA PENGAWETAN HIJAUN PAKAN TERNAK (Pembuatan Silage). <https://posoinda.wordpress.com/2014/03/22/cara-pengawetan-hijaun-pakan-ternak-pembuatan-silage/>. Diakses pada tanggal 22 November 2019.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson. 2011. Animal Nutrition Seventh Edition. Prentice Hall.
- Moran, J. 2005. Tropical Dairy Farming: Feeding Management for Small Holder Dairy Farmers in the Humid Tropics. Landlinks Press, Australia.
- Pandey, B.P. 1982. Plant Anatomy. S Chand and Company. New Delhi.

- Piltz, J. W. and A. G. Kaiser. 2004. *Successful Silage: Principles of Silage Preservation*. Dairy Australia and New South Wales Department of Primary Industries.
- Pitt, R. E. 1990. *Silage and Hay Preservation*. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Cooperative Extension. Ithaca, New York.
- Pusat Bahasa, Departemen Pendidikan Nasional. 2008. *Kamus Bahasa Indonesia*. Pusat Bahasa, Jakarta.
- Queiroz, O. C. M., I. M. Ogunade, Z. Weinberg, and A. T. Adesogans. 2017. Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives. *J. Dairy Sci.* 101:4132–4142.
- Ramirez, G. P. 1992. Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding: Cultivation Harvesting and Storage of Sweet Potato Products. Proceedings of the FAO Expert Consultation held in CIAT, Cali, Colombia. <http://www.fao.org/3/T0554E/T0554E14.htm>. Diakses pada tanggal 9 November 2019.
- Rasby, R. 2019. Understanding Feed Analysis. <https://beef.unl.edu/learning/feedanalysis.shtml>. Diakses pada tanggal 29 November 2019.
- Scot, G. J. 1992. Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding: Sweet potatoes as animal feed in developing countries: present patterns and future prospects. Proceedings of the FAO Expert Consultation held in CIAT, Cali, Colombia.

<http://www.fao.org/3/T0554E/T0554E13.htm#ch13>. Diakses pada tanggal 9 November 2019.

Sneath, R. 2011. Hay and silage analyses: what do they mean? <https://futurebeef.com.au/knowledge-centre/hay-and-silage-analyses-what-do-they-mean/>. Diakses pada tanggal 29 November 2019.

Suttie, J. M. 2000. Hay and Straw Conservation - For Small-Scale Farming and Pastoral Conditions. CHAPTER II HAYMAKING. FAO Plant Production and Protection Series No. 29. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.

Woolfe, J. A. 1992. Sweet Potato: An Untapped Food Resource. Cambridge University Press, Cambridge.

GLOSARIUM

Abu	Persentase dari mineral yang terkandung dalam bahan pakan
<i>Acid Detergent Fiber</i> (ADF)	Komponen tanaman yang paling sulit dicerna pada bagian dinding sel dari hijauan yang terdiri dari selulosa dan lignin
Aerobik	Bersifat memerlukan oksigen bagi suatu organisme untuk kehidupan, gerak, dan pertumbuhannya
Anaerob	Organisme yang dapat hidup secara baik tanpa oksigen
Anaerob fakultatif	Organisme yang dapat menghasilkan ATP melalui proses respirasi aerobik apabila tersedia oksigen, tetapi mampu beralih pada proses fermentasi apabila

	tidak terdapat oksigen.
Bahan Kering (<i>Dry Matter</i>)	Materi yang bebas dari kandungan air
Bahan Organik (<i>Organic Matter</i>)	Nilai yang diperoleh dengan mengurangi bahan kering dari bahan pakan dengan kadar abu
Brangkasan	Limbah pertanian atau sisa bagian tanaman yang berupa daun, batang dan akar yang tidak dipanen
<i>Buffer</i>	Suatu larutan yang dapat mempertahankan nilai besaran pH tertentu
Deaminasi	Suatu reaksi kimiawi berupa pelepasan gugus amina dari molekul senyawa asam amino pada proses metabolisme
Dikotil	Tanaman berbunga yang menghasilkan biji dengan dua daun lembaga (kotiledon)
Domestikasi	Proses mengadaptasi baik tumbuhan maupun hewan liar untuk hingga dapat diambil manfaatnya oleh manusia
<i>Dry Matter Digestibility (DMD)</i>	Proporsi bahan kering dalam pakan yang dapat dicerna oleh ternak
Ensilase	Proses pengawetan hijauan (baik berupa sisa tanaman maupun limbah pertanian)

	melalui fermentasi asam laktat (idealnya) pada kondisi anaerob (kondisi tanpa udara)
<i>Ether Extract</i> (Lemak kasar)	Kandungan lemak kasar dari bahan pakan, lemak merupakan sumber energi yang besarnya 2,25 kali daripada kepadatan energi karbohidrat
Fermentasi	Proses penguraian metabolik senyawa organik oleh mikroorganisme pada kondisi anaerobik yang menghasilkan energi serta terjadi pembebasan gas
Fotosintat	Produk hasil fotosintesis yang pada umumnya berupa gula
Fotosintesis	Proses mengonversikan karbondioksida dan air menjadi karbohidrat yang dapat dilakukan oleh tumbuhan berhijau daun atau bakteri dengan memanfaatkan energi (cahaya matahari)
Hay	Proses pengawetan hijauan yang diproduksi dengan mengeringkan bahan pakan hijauan hingga kadar air 15% atau kurang
Hibridisasi	Persilangan antara populasi yang berbeda
Karsinogenik	Senyawa yang dapat menyebabkan penyakit kanker

Kultivar	Varietas suatu tanaman yang dibudidayakan dengan sifat-sifat khusus sehingga dapat dibedakan dari varietas lainnya berdasarkan bentuk, rasa, warna, ketahanan pada penyakit, atau sifat lainnya
Lignifikasi	Proses perubahan yang mengarah pada pembentukan jaringan berkayu akibat dari penumpukan lignin didalam sel tanaman
<i>Neutral Detergent Fiber (NDF)</i>	Total komponen struktural tanaman khususnya dinding sel, yang terdiri dari fraksi ADF ditambah hemiselulosa
<i>Organic Matter Digestibility (OMD)</i>	Proporsi bahan organik dalam pakan yang dapat dicerna dalam saluran pencernaan ruminansia
Protein kasar (<i>Crude Protein</i>)	Nilai kandungan nitrogen dari bahan pakan, termasuk protein yang sebenarnya dan nitrogen non-protein
Proteolisis	Proses pemecahan protein menjadi polipeptida atau asam amino yang lebih sederhana melalui aktifitas enzim
Respirasi	Proses degradasi oksidatif dari senyawa organik untuk menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan

Serat Kasar (<i>Crude Fiber</i>)	Bagian yang mengandung karbohidrat dan selulosa yang tidak larut dan tidak dapat dilarutkan dengan larutan alkali atau asam lemah
Silase	hijauan, sisa tanaman atau pertanian, limbah industri yang diawetkan menggunakan asam, baik asam yang terbentuk secara alami pada proses ensilase maupun asam yang ditambahkan pada proses pembuatannya, serta dibuat pada kondisi tanpa adanya udara
Silo	Tempat penyimpanan silase berupa kantong plastik, drum plastik maupun logam (seperti besi pelat, seng) dan konstruksi khusus
Toksisitas	Kemampuan dari suatu zat atau bahan sehingga memiliki dampak yang dapat menyebabkan kerusakan atau berbahaya terhadap suatu organisme
<i>Total Digestible Nutrients</i> (TDN)	Hasil penjumlahan dari komponen serat, protein, lipid, dan karbohidrat yang dapat dicerna dari bahan pakan.

INDEX

A

- Abortus 64, 65, 67
- Acetobacter 51
- Acid Detergent Fiber* 26
- Acid Detergent Insoluble Nitrogen* 39
- Acid Detergent Insoluble Protein*..... 103
- Acid utilizing* 51
- ADF 26, 27, 103, 108, 109
- ADIN..... 39
- ADIP 103
- Aditif ...17, 18, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 56, 57, 64, 71, 72, 85, 86, 87, 111, 115,
- Aerobik.....20, 21, 25, 29, 30, 32, 34, 35, 38, 43, 46, 48, 49, 50, 51, 63, 67, 74, 76, 82, 86, 87, 111, 114
- Aflatoksin 62, 87, 106, 115
- Akar adventif 2
- Akar lateral 2
- Alkali 112
- Alternaria* 106
- Amilase 25, 27, 28
- Amina 14, 21, 55, 56, 58, 86
- Ammonium tetraformate 28
- Amonia 19, 20, 22, 29, 30, 32, 34, 35, 44, 45, 49, 55, 56, 58, 59, 82, 114, 115
- Amonia anhidrat 30, 115
- Anaerob13, 20, 21, 22, 32, 35, 37, 38, 42, 44, 46, 47, 48, 50, 52, 54, 55, 58, 60, 65, 66, 85, 86
- Anaerob fakultatif52, 58

Antioksidan	87	<i>Aspergillus clavatus</i>	62
Asam akrilat	32	<i>Aspergillus fumigatus</i>	62
Asam amino ..	19, 20, 33, 35, 39, 40, 49, 55, 56, 58, 103, 104, 105	<i>Aspergillus flavus</i>	62, 115
Asam asetat ...	13, 14, 18, 20, 32, 33, 43, 44, 47, 48, 50, 51, 52, 55, 59, 61, 87, 105	<i>Aspergillus</i>	51, 106
Asam benzoate	32, 87	B	
Asam butirat	14, 18, 20, 33, 44, 55, 56	<i>Bacillus licheniformis</i>	64, 67
Asam cyclopiazonic	62	<i>Bacillus</i>	25, 51
Asam format	28, 30, 31, 32, 85, 115	Bahan kering ..	7, 11, 13, 14, 19, 22, 26, 29, 31, 33, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 52, 55, 56, 57, 62, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 78, 79, 80, 81, 83, 85, 92, 97, 98, 100, 103, 105, 116, 117, 118
Asam kaproat	32	Bahan organik	10, 11, 92, 97, 98, 117, 118
Asam klorida	28	Bakteri asam laktat ...	13, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 47, 50, 52, 53, 54
Asam laktat	13, 14, 18, 20, 22, 23, 25, 30, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 67, 87	<i>Bale</i>	55, 63, 66
Asam microfinolic	62	Brangkasan...	1, 7, 10, 11, 87, 88, 92, 93, 97, 98, 116, 117, 119
Asam mineral	28, 32	Belerang Dioksida	32
Asam organik	21, 28, 33, 42, 48, 54, 61, 64, 114, 116	<i>Buffer</i>	30, 43, 44, 55, 69, 85
Asam penicillic	62	<i>Buffering capacity</i>	15
Asam sitrat	32	<i>Burn up</i>	101
Asam sorbat	32, 87	<i>Browning reaction</i> ...	102, 103, 108
Asam sulfat	28, 31		
Asam trikarboksilat	37		

<i>Byssochlamys</i>	51	Desikan	111, 112, 113
<i>Byssochlamys nivea</i>	62	<i>Dry Matter Digestibility</i>	97, 100, 117, 120
C		Dikotil	1
<i>Candida</i>	51, 62	Dioxyvalenol	62
<i>Circling disease</i>	65	Domestikasi	4
<i>Cladosporium spp</i>	106	<i>Drying agent</i>	111, 112
Clostridia	14, 19, 20, 22, 31, 33, 43, 44, 47, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58	E	
<i>Clostridium bifermentans</i> ...	55, 58	Ensefalitis	65
<i>Clostridium botulinum</i>	57	<i>Enterobacteriaceae</i>	1, 19, 20, 33, 43, 48, 50, 58, 59, 84, 86
<i>Clostridium butyricum</i>	55, 57	<i>Enterococcus</i>	25, 52
<i>Clostridium paraputrificum</i>	58	<i>Enterococcus faecalis</i>	52, 54
<i>Clostridium perfringens</i>	58	<i>Enterococcus faecium</i>	54, 86
<i>Clostridium sphenoides</i>	58	Enzim	21, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 35, 39, 40, 41, 42, 51, 99, 104, 107
<i>Clostridium sporogenes</i>	55, 58	Enzimatik	41, 108, 114
<i>Clostridium spp</i>	57, 84	Epifit	22, 58
<i>Clostridium tyrobutyricum</i> ..	55,58	<i>Erwinia herbicola</i>	58
Colony Forming Unit.....	24	<i>Escherichia coli</i>	58
<i>Convoolvaceae</i>	1	Etanol	19, 43, 44, 59, 60, 61
Cytochanasin	62	<i>Ether extract</i>	11
D		F	
Deaminasi	19, 58	<i>Farmer's lung</i>	106
Degradasi..	15, 21, 26, 33, 35, 36, 40, 41, 44, 48, 56, 59, 87, 105	Fase aerobik.....	35, 36, 38, 39, 46
Dekstrosa	22		

Fase <i>feedout</i>	48, 50, 60, 61, 76	<i>Hansenula</i>	51
Fase fermentasi.....	42, 45, 47, 51, 60	Heksamin	57
Fase lag	46	Heksosa	37, 53, 104
<i>Fermentable carbohydrate</i>	14	Hemiselulosa.....	11, 21, 26, 27, 35, 39, 54
<i>Fibrous root</i>	2	Hemiselulase	25, 26, 27, 28
<i>Field fungi</i>	106	Hibridisasi	4
Formaldehida	31	Hidrofilik	112
Formalin	21, 31, 32	Hidrogen	59
Fotosintat	100	Hidrogen peroksida	116
Fotosintesis	2, 101	Hidrolisis	31, 40, 54, 104, 105
Fruktan	35, 104	Histamin	14
Fumiclavines	62	Homofermentatif.....	24, 25, 43, 52, 53, 57
Fumitoxins	62	Heterofermentatif.....	25, 43, 52, 53
<i>Fusarium</i>	51, 106		
<i>Fusarium culmorum</i>	62	I	
<i>Fusarium crookwellense</i>	62	Inhibitor...21, 22, 28, 32, 87, 111	
		Inokulan...21, 24, 25, 28, 53, 86, 87, 116	
G		<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.....	1
<i>Geotrichum</i>	51		
Gliotoxin	62	K	
Glukosa	22, 26, 28	Kalium karbonat	112
<i>Gross Energy</i>	19, 20	Kapang ...	22, 29, 30, 34, 38, 48, 49, 50, 51, 60, 61, 62, 79, 86, 87
Gram negatif	58	Karbondioksida	37
Gram positif	54		
H			
<i>Hafnia alvei</i>	58		

Karbohidrat 2, 4, 13, 14, 15,
 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25,
 35, 36, 37, 42, 62, 85, 101,
 104, 105, 107, 108

Karsinogenik 31

Khamir 19, 22, 28, 29, 30, 34,
 35, 38, 42, 43, 44, 45, 48, 51,
 60, 61, 62, 79, 86, 87

Korosif 28, 29, 112, 115

Kultivar 4, 5, 6, 7, 9, 10, 88,
 93, 117, 119

L

Lactobacillus 25, 28

Lactobacillus acidophilus 53

Lactobacillus brevis 52

Lactobacillus buchneri...25, 53, 87

Lactobacillus casei 53, 86

Lactobacillus cellobiosus 53

Lactobacillus coryniformis..... 53

Lactobacillus curvatus 53

Lactobacillus dulbrueckii 53

Lactobacillus fermentum..... 53

Lactococcus 25

Lactococcus lactis 54

Lactobacillus leichmannii 54

Lactobacillus plantarum.....52,
 54, 86

Lactobacillus salivarius 54

Lactobacillus viridescens 53

Leuconostoc mesenteroides..52, 54

Leguminosa....14, 15, 16, 17, 22,
 27, 56, 69, 85

Lemak kasar 10, 11

Lignin 2, 11, 27

Lignifikasi 2

Lipofilik 112

Listeria 51, 64, 65, 66, 79, 86

Listeria monocytogenes 65

Listeriosis 64, 65, 66

M

Manitol 19

Mikotoksikosis 87

Mikotoksin 51, 62, 63, 87,
 106, 107

Mucor..... 51

Monascus 51

Monosakarida 26

Mutasi 4

N

Natrium azida 112

Natrium benzoat 32, 57, 87

Natrium hidroksida 112

Natrium karbonat 112

Natrium nitrit	57	Pellet	102
Natrium propionat	57	<i>Pencil root</i>	2
NDF	26, 27, 104	<i>Penicillium</i>	51, 106
<i>Neutral Detergent Fiber</i>	26, 104	<i>Penicillium roqueforti</i>	62
Non Protein Nitrogen	35, 39	Pentosa	26, 54
O		Pentosanase	25
Ochratoxin	63	Peptida	35, 40, 104
Oksidasi	20, 36, 37, 104, 106	<i>Pichia</i>	51
Oksigen.....	13, 14, 15, 16, 29, 34, 35, 37, 40, 42, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 58, 60, 61, 67, 86, 109	Plasentitis	65
<i>Organic Matter Digestibility</i> ...97, 117, 120		Polietilena	15
P		Poliferasi	13
<i>Paecilomyces viriotii</i>	62	Polipeptida	40
Palatabilitas	42, 44, 56, 59, 82, 106, 107, 108, 114	Propionat	29, 32, 44
Paraformaldehide	32	<i>Propionibacteria</i>	25
Pati	1, 17, 21, 27, 35	Protease	22, 27, 28, 104
Patulin	62	Protein kasar	10, 11, 29, 30, 92, 97, 98, 117, 118
<i>Pediococcus acidilactici</i>	54, 86	Proteolisis	19, 35, 36, 39, 40, 41, 84, 85
<i>Pediococcus damnosus</i>	54	R	
<i>Pediococcus pentosaceus</i>	52, 54, 116	<i>Rahnella aquitilis</i>	58
Pektin	21, 27	Reaksi Maillard	38, 108
Pektinase	27, 28	Respirasi ..	13, 29, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 46, 51, 103, 104, 105, 108, 109, 112, 114
		Roquefortine	62
		<i>Round bale</i>	15

S	
<i>Saccharomyces</i>	51
<i>Saccharolytic Clostridia</i> ...	55, 56
Saprofitik	106
Sel epidermis	101
Sel penutup	101
Seleksi	4
Selulase	25, 26, 27, 28
Selulosa	11, 21, 26, 27, 49
Serat kasar	10, 11, 92, 97, 117, 118
<i>Serratia</i>	25
<i>Serratia fonticola</i>	58
Silo horizontal	15
Silo vertikal	20
Silika	11
Sinar ultraviolet	15, 77
Sodium Metabisulphite	32
Substrat.....	13, 14, 17, 21, 22, 26, 35, 36, 37, 42, 45, 48, 50, 55, 69, 71
<i>Sugar utilising</i>	51
Sukrosa.....	22, 28
Surfaktan	112
<i>Streptococcus</i>	28
<i>Streptococcus bovis</i>	54
<i>Storage carbohydrate</i>	17
<i>Storage fungi</i>	106
<i>Storage root</i>	2
T	
TDN.....	93, 97, 117, 119, 120
<i>Temperate</i>	74
Termofilik	67
Toksin	62, 63
Total nitrogen	19, 40, 45
Transpirasi	101
<i>Trench silo</i>	15
Tremorgen	62
Trichothecen	63
<i>Trichothecium spp</i>	106
Trikotecena	106
Triptamin	14
Toksisitas	114
<i>Total Digestible Nutrients</i>	97, 117, 120
<i>Torulopsis</i>	51, 62
Tryptoquinolins	62
U	
<i>Upright silo</i>	15
Urea	29, 30, 115
Urease	30, 115

W

Water Soluble Carbohydrate....14,
20

Waxy cuticle layer 112

Waxy epidermis 101

X

Xylanase 25

Z

Zearelenone 62, 63

PROFIL PENULIS



Nurita Thiasari, S.Pt., M.P., M.Sc. lahir di Malang Propinsi Jawa Timur pada tanggal 23 Mei 1987. Sejak tahun 2015 penulis telah terdaftar sebagai staf pengajar pada Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang. Penulis memperoleh gelar Sarjana Peternakan dari Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, Malang pada tahun 2010 dengan bidang keilmuan Nutrisi dan Makanan Ternak. Selanjutnya penulis menempuh pendidikan Magister pada tahun 2010 sampai dengan 2013 melalui Program Double Degree Pascasarjana Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya (UB) di Indonesia dan National Pingtung University of Science and Technology (NPUST) di Taiwan dengan bidang keilmuan Ilmu Ternak (Animal Science). Buku Teknologi Tepat Guna: Pembuatan Silase dan Hay dari Brangkasan Ubi Jalar merupakan buku pertamanya. Contact Person: *e-mail* : nurita.thia@gmail.com



Edyson Indawan Zen, lahir di Lahat Propinsi Sumatera Selatan pada tanggal 16 Pebruari 1963. Dosen Lembaga Layanan Dikti Wilayah VII Surabaya, DPK pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tunggadewi Malang. Lektor Kepala pada Rumpun : Ilmu Tanaman. Penulis aktif pada berbagai kegiatan Profesi, Organisasi, Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat serta Publikasi Ilmiah. Penerima penghargaan dari Direktorat Pembinaan Generasi Muda DEPDIKBUD, Dirjend Dikti DEPDIKNAS, DEPKUMHAM, KEMENRISTEKDIKTI, Presiden Republik Indonesia (Tanda Kehormatan SATYA LANCAANA KARYA-SATYA X TAHUN dan XX TAHUN). Karya Buku Dasar-dasar Agronomi (2006 : Penerima Intensif Buku Ajar. SK.Dirjend Dikti DEPDIKNAS No : 64/Dikti/Kep/2006). Tanggal 24 Nopember 2006). *EKOLOGI* (2006). *Gagasan dan upaya PELESTARIAN HUTAN MANGROVE* (2008). *AgroEkologi* (2012). *Lingkungan Tumbuh Tanaman* (2017). *Sistem Pertanian Terpadu* (2018). Contact Person : HP 081333343123 *e-mail* : mankedlht@yahoo.com



Dr.Ir. Sri Umi Lestari, MP. Lahir di Sukoharjo (Jawa Tengah), 22 Maret 1958. Memperoleh gelar sarjana pertanian dari Jurusan Ilmu Tanah, IPB pada Tahun 1982; gelar MP dalam bidang pemuliaan tanaman (Plant Breeding) diperoleh dari UGM pada tahun 1994; dan gelar Doktor dalam Ilmu Pertanian diperoleh dari UB pada tahun 2006. Tahun 1983 sampai dengan tahun 1999 menjadi pengajar pada Akademi

Farming/Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian “Farming” Semarang. Periode tahun 2000 sampai dengan 2006 menempuh studi S3 di Program Pascasarjana UB, pada Jurusan Ilmu Pertanian, mengambil minat pemuliaan tanaman. Sejak tahun 2007 penulis menjadi pengajar di Universitas Tribhuwana Tunggaladewi. Sebagai dosen, disamping mengajar penulis juga mempunyai tugas penelitian untuk mengembangkan ilmu, terutama dalam bidang pemuliaan tanaman yang diarahkan secara khusus pada tanaman ubijalar. Tanaman ubijalar merupakan tanaman serba guna, bisa dimanfaatkan untuk bahan pangan (food), pakan (feed), maupun bahan bakar (fuel). Oleh karena itu ubijalar dikenal sebagai tanaman 3 F (food, feed, and fuel).

Penulis menekuni penelitian ubijalar sejak studi S3, yang mengkaji tentang pengembangan ubijalar kaya protein. Pada aspek food, penulis melakukan penelitian yang menggunakan metode “Biofortifikasi” untuk memperkaya kandungan mikronutrien pada umbi ubijalar; pada aspek feed, penulis sedang mengkaji ubijalar dual-purpose, dan bersamaan pula mulai merintis penelitian kearah pengkajian pembuatan bio-etanol berbahan dasar ubijalar. Beberapa artikel telah penulis terbitkan pada Agrivita Journal of Agricultural Science dan Journal of Degraded and Mining Lands Management, selain Jurnal-jurnal nasional dan prosiding Seminar. Contact Person : HP : 081334811898 e-mail : sriumi.lestari@yahoo.com



Pramono Sasongko, STP., MP., M.Sc, lahir di Kota Malang Propinsi Jawa Timur pada tanggal 03 Desember 1984 adalah tenaga pengajar pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang. Penulis memiliki latar belakang pendidikan Magister Pertanian (S2) dan Master of Science bidang Bioteknologi Agroindustri pada Program Double Degree Pasca-sarjana Fakultas Teknologi Universitas Brawijaya (UB) Indonesia dan King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT) Thailand. Penulis aktif mengembangkan keilmuan melalui penelitian dan mempublikasikan karya tulisnya melalui publikasi skala nasional dan internasional. Mengikuti berbagai pelatihan antara lain Pelatihan dan Workshop Deteksi Lemak Babi menggunakan Metode Mikroskop, Bioinformatika : Predict Your Research Result with In Silico Analysis, Pelatihan Sistem Jaminan Halal. Beberapa buku yang disusun dengan judul Total Quality Management (Manajemen Mutu), Pengantar Mikrobiologi Industri : Kunci Sukses Fermentasi, Rekrayasa Pengolahan Produk Agroindustri, dan Produksi Bersih Energi Dari Limbah Yang Terbuang. Nara hubung : 081333162637, email : pramono.sasongko@unitri.ac.id

