



**PRODUKSI SILASE BERBAHAN BAKU BAGIAN TANAMAN
SINGKONG**

TESIS

disusun oleh:

Mohammad Mardiyanto

131710101068

DPU : Prof. Ir. Achmad Subagio, M.Agr, Ph.D

DPA : Dr. Ir Jayus

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI AGROINDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UMIVERSITAS JEMBER**

2019

RINGKASAN

Produksi Silase Berbahan Baku Bagian Tanaman Singkong; Mohammad Mardiyanto; 171720101007; 2019; 75 halaman; Program Studi Magister Teknologi Agroindustri, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Tanaman singkong memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi produk pakan olahan. Salah satu jenis produk pakan berbahan baku bagian tanaman singkong adalah silase. Teknik produksi silase dilakukan dengan prinsip fermentasi anaerob fakultatif. Umumnya, produk silase diproyeksikan sebagai sumber hijauan ternak dengan jangka waktu yang lama dan memiliki daya simpan yang panjang. Akan tetapi, tanaman singkong memiliki kandungan HCN (asam sianida) yang tinggi sehingga perlu dilakukan perlakuan penghilangan senyawa HCN sebelum proses fermentasi silase berlangsung.

Perlakuan yang digunakan untuk mengurangi kandungan HCN pada bagian tanaman singkong adalah pelayuan. Pemilihan proses pelayuan didasarkan pada hasil penelitian pendahuluan terkait efek pengurangan senyawa HCN bahan dengan meminimalisir kerusakan komponen nutrisi yang lain. Selain proses pelayuan, penambahan zat aditif berupa EM4 juga mempengaruhi produk akhir silase. Penambahan EM4 dilakukan untuk meningkatkan jumlah BAL (Bakteri Asam Laktat) yang tumbuh selama proses fermentasi berlangsung. Asam-asam organik yang dihasilkan dari hasil metabolisme BAL akan mengurangi nilai pH menjadi 4-3, sehingga produk akan memiliki umur simpan yang panjang.

Pada penelitian ini, produksi silase dilakukan berdasarkan durasi waktu fermentasi 0, 7, 14 dan 21 hari. Bahan baku yang digunakan adalah bagian tanaman singkong yang terdiri dari daun, batang muda, umbi dan kulit umbi. Perlakuan yang digunakan dibagi menjadi 3 kombinasi yaitu fermentasi tanpa air, fermentasi dengan air 5% dan fermentasi dengan air 5% ditambah EM4 1%. Parameter mutu yang dianalisis untuk produk silase antara lain kadar air, HCN (asam sianida), nitrogen, amoniak, nilai pH, abu, lemak, serat kasar, TDN (*Total Digestible Nutrient*), DE (*Digestible Energy*) dan total BAL.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa produk silase berbahan baku bagian tanaman singkong memiliki kadar air tertinggi 76,03% dan terendah 60,90%. Parameter mutu yang lain dihitung berdasarkan mode db (*dry basis*) sehingga kadar air memiliki peranan absolut untuk menentukan kadar nutrisi secara db. Kandungan HCN terendah pada produk silase 40,71 ppm dan tertinggi 76,94 ppm. Kadar nitrogen total tertinggi 12,8% dan terendah 7,12% sedangkan untuk kadar amoniak tertinggi sebesar 20,94% dan terendah 12,75%. Hasil analisis nilai pH menunjukkan bahwa produk akhir silase memiliki pH asam dengan kisaran 4,78-3,29. Produk silase secara keseluruhan memiliki nilai TDN tertinggi 79,01% dan terendah 72,82%. Potensi pertumbuhan tertinggi terjadi pada durasi fermentasi 0-14 hari dan hari selanjutnya BAL akan berada pada fase statis sampai dengan kematian.

SUMMARY

The Production of Silage are Used Cassava Plant Parts; Mohammad Mardiyanto; 171720101007; 2019; 75 page; Studied Program of Agroindustry's Technology, Faculty of Agricultural Technology, Jember University.

Cassava plant parts has a potential for feed development. The silage is once feed product as the whole material of cassava plant parts. The principle of silage production is a fermentation in a manner anaerobic facultative. For industrialization, silage product will projection become long-term feeding resources. But, cassava plant parts has cyanate content, therefore should the pre-treatment for cyanate removal before silage fermentation.

The process of pre-treatment to reduce of cyanate content is withering. Pre-study for this research has a showed the withering process too cyanate content influence. But the withering process has a lower dry matter losses and nutrient compound. The EM4 additional aim to increase LAB (Lactic Acid Bacteria) and give of influence for ensiling when fermentation occur. Organic acid compound can reduced pH value become 4-3 (strong acid) and would preventive during storage.

For this research, silage production according to time of fermentation between of 0, 7, 14, 21 days. The material as cassava plant parts consist of leaves, tip stem and whole tubers. The treatment combined become 3 particular is fermentation without water, fermentation with additional 5% water and fermentation with additional 1% EM4. The parameters quality for ensiling consist of moisture, cyanate content, nitrogen total, ammoniac, pH, ash, fat, TDN (Total Digestible Nutrient), DE (Digestible Energy) and total LAB (Lactic Acid Bacteria).

Based on the research showed silage product has a highest moisture content 76,03% and 60,90% to lower. The parameter quality was a db (dry basis) converter. Therefore, moisture content ensiling has a important role for value determined. The most cyanate content lower in the amount of 40,71 ppm and 76,94 to highest. Nitrogen total as big as 12,8% to highest and 7,12% to lower while of ammoniac content is 20,94% to highest and 12,75% to lower. The analysis of pH value range from a 4,78-3,29 (strong acid). The whole of ensiling has a TDN value 79,01% to highest and 72,82 to lower. The potential growth of LAB is fermentation occur 0-14 days and next time of states and death phase

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi singkong di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 23.578.972 kg. jumlah tersebut mengalami peningkatan sebesar 13,66% dari produksi tahun sebelumnya (BPS, 2018). Besarnya jumlah produksi tersebut, menempatkan singkong sebagai bahan makanan pokok ketiga setelah beras dan jagung. Tanaman singkong berdasarkan jenis pola konsumsi dapat dikategorikan sebagai bahan pangan dan pakan (Oguntimein *et al.*, 1992). Sebagai bahan pangan, singkong dapat diolah menjadi beberapa produk diversifikasi yang berbasis pada industrialisasi antara lain: tepung singkong, tapioka dan MOCAF (*Modified Cassava Flour*). Tanaman singkong yang dikembangkan sebagai pakan, umumnya menggunakan bagian tanaman non-pangan yang meliputi daun, batang muda dan kulit umbi.

Produk pakan potensial yang diolah dari bagian tanaman singkong adalah produk awetan berupa silase. Ketersediaan bahan baku produksi silase untuk kepentingan industrialisasi dapat diperoleh dengan cara memanfaatkan limbah tanaman singkong. Pengembangan pakan dari bagian tanaman singkong yang berbasis produk silase dapat mengintegrasikan petani singkong dengan produsen pakan ternak ruminansia. Keunggulan produk pakan ternak yang diproduksi sebagai silase memiliki umur simpan yang lebih panjang dibandingkan dengan pakan jenis hijauan (*forage*) yang lain (Yusriani, 2009).

Proses pembuatan silase dapat dilakukan dengan menggunakan metode fermentasi anaerob fakultatif. Pembuatan silase yang dilakukan oleh peternak dengan bahan baku bagian tanaman singkong, umumnya dilakukan secara sederhana tanpa mempertimbangkan kualitas produk yang dihasilkan. Bagian tanaman singkong yang diproduksi sebagai silase memiliki kandungan senyawa HCN diatas 200 ppm/berat kering (Iglesias *et al.*, 2002), sedangkan kandungan senyawa HCN maksimal yang diperbolehkan untuk produksi pakan ternak ruminansia adalah 100 ppm/berat kering (Word, 1992). Keberadaan senyawa HCN pada produk silase dapat bersifat sebagai anti nutrisi dan toksik untuk ternak ruminansia.

Proses fermentasi pada pembuatan silase dapat mengurangi zat racun secara alami dan membentuk senyawa sederhana untuk mempermudah proses pencernaan oleh ternak ruminansia (Laelasari dan Purwadaria, 2004). Tetapi, pengurangan HCN yang terjadi selama proses fermentasi memiliki persentase yang rendah berkisar antara 10-20% (Sari *et al.*, 2018). Kombinasi perlakuan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efektifitas terhadap penurunan HCN adalah pelayuan. Proses pelayuan pada bagian tanaman singkong digunakan sebagai *pre-treatment* untuk produksi silase. Selain itu, pada bagian tanaman singkong terdapat senyawa makro berupa protein, serat kasar, selulosa, hemiselulosa dan lignin yang dapat menurunkan daya cerna pada rumen ternak ruminansia (Yusriani, 2009). Oleh karena itu, adanya proses fermentasi dapat memberikan dampak terhadap pelunakan jaringan dan degradasi senyawa makro menjadi senyawa mikro yang mudah untuk dicerna.

Proses fermentasi silase dilakukan dengan penambahan zat aditif berupa EM4. Penggunaan EM4 bertujuan untuk meningkatkan jumlah mikroba BAL. Peningkatan jumlah BAL, diharapkan mampu meningkatkan metabolisme dan produksi asam-asam organik. Keberadaan BAL dan asam organik dapat meningkatkan pencernaan pada rumen dan memperoleh indeks energi yang positif. Penurunan pH secara proses fermentasi dan penyimpanan dapat menjadi preservasi terhadap pertumbuhan mikroba pembusuk, sehingga dapat memperpanjang umur simpan silase.

Selama proses fermentasi, silo atau fermentor dilakukan pengurangan tekanan secara manual, sehingga tekanan didalam berada dibawah tekanan normal dan vakum. Kondisi vakum selama proses fermentasi merupakan kondisi ideal yang dibutuhkan oleh mikroba yang terdapat pada EM4 untuk tumbuh dan bermetabolisme. Kondisi tersebut juga dilakukan pada pembuatan silase secara konvensional. Selain itu, proses fermentasi vakum pada silase juga akan berpengaruh terhadap beberapa parameter kualitas yang lain, diantaranya adalah nilai pH, nitrogen total, amoniak, serat kasar, TDN (*Total Digestable Nutrien*), DE (*Digestable Energy*) dan total BAL. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian terhadap kualitas produk silase yang dihasilkan, sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan dan pedoman untuk kepentingan dalam peningkatan skala produksi.

1.2 Rumusan Masalah

Bagian tanaman singkong dapat dikembangkan menjadi bahan pakan ternak awetan untuk ternak ruminansia. Salah satu jenis produk bahan pakan yang dapat dikembangkan adalah produk awetan berupa silase. Produksi silase berbahan baku bagian tanaman singkong dilakukan dengan menggunakan metode fermentasi anaerob fakultatif. Tetapi, kandungan HCN pada produk silase berbahan baku bagian tanaman singkong diprediksi masih cukup tinggi, hal tersebut dikarenakan proses fermentasi silase hanya dapat menurunkan senyawa HCN berkisar 10-20% dari berat kering (Sari *et al.*, 2018). Oleh karena itu, perlu dilakukan *pre-treatment* dengan metode pelayuan. Kombinasi perlakuan yang dilakukan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penurunan senyawa HCN pada produk silase yang dihasilkan. Bentuk optimasi yang dilakukan dalam menunjang kualitas produk akhir silase adalah penambahan zat aditif berupa EM4 dan pemvakuman selama proses fermentasi berlangsung. Penggunaan EM4 dilakukan untuk meningkatkan jumlah inokulan BAL, sehingga diproyeksikan dapat memperpanjang dan mengawetkan produk silase.

Faktor lain yang berpengaruh terhadap kualitas produksi silase adalah daya cerna. Penggunaan fermentasi terkontrol akan meningkatkan kemampuan pelunakan jaringan bahan dan dekomposisi senyawa makro menjadi senyawa mikro, sehingga daya cerna silase bagian tanaman singkong akan meningkat. Selain itu, produksi silase secara fermentasi juga berpengaruh terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Parameter kualitas produk silase berbahan baku bagian tanaman singkong yang dapat dikembangkan menjadi *complete feed*, antara lain: pH, amoniak, serat kasar, TDN (*Total Digestable Nutrien*), DE (*Digestable Energy*) dan total BAL. Komponen parameter kualitas tersebut memiliki respon yang berbeda selama proses fermentasi berlangsung sehingga karakteristik silase yang dihasilkan akan mengalami perubahan dan dekomposisi (Laelasari dan Purwadaria, 2004). Dengan demikian, untuk peningkatan kualitas dari produk silase yang dihasilkan perlu dilakukan pengukuran nilai kualitas produk. Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai pedoman untuk peningkatan skala produksi dan pengembangan *complete feed* berbahan baku silase tanaman singkong untuk ternak ruminansia.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui proses dan neraca massa produksi silase berbahan baku bagian tanaman singkong
2. Mengetahui pengaruh penambahan air dan EM4 selama proses fermentasi silase berlangsung
3. Mengetahui bentuk dasar dan acuan dari industrialisasi silase berbahan baku bagian tanaman singkong

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan pakan ternak berbasis bagian tanaman singkong sebagai produk awetan berupa silase
2. Meningkatkan nilai tambah dari produk limbah tanaman singkong sebagai bentuk pemenuhan bahan baku untuk produksi silase

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Singkong dan Kemampuan Tumbuh pada Tanah Sub-optimal

Tanaman singkong merupakan salah satu jenis tanaman pangan yang banyak dikembangkan pada beberapa daerah yang beriklim tropis. Di Indonesia, tanaman singkong dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat dan diproyeksikan sebagai bahan makanan pokok ke-3 (tiga) setelah padi dan jagung (Rencana Strategis Kementerian Pertanian, 2015). Keunggulan lain yang dimiliki tanaman singkong adalah dapat dibudidayakan pada lahan tandus atau tanah yang memiliki unsur hara rendah (*Sub-optimal Land*). Oleh karena itu, tanaman singkong dapat diklasifikasikan sebagai tanaman pangan yang dapat tumbuh pada tanah yang telah mengalami kerusakan akibat kelebihan pestisida maupun bencana alam.

2.1.1 Potensi Tanaman Singkong di Indonesia

Negara Indonesia termasuk wilayah dengan iklim tropis dengan keberadaan sumber daya alam yang beragam. Salah satu sumber daya alam dalam bidang pertanian yang melimpah di Indonesia adalah tanaman singkong. Jumlah produksi singkong di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 23.578.972 kg (BPS, 2018). Jumlah produksi tersebut diproyeksikan akan meningkat dengan adanya skema perpanjangan program strategis pada bidang pertanian. Besarnya jumlah produksi singkong meningkatkan jumlah diversifikasi produk turunan singkong. Saat ini singkong dapat dikembangkan sebagai produk pangan berupa tapioka, tepung singkong, MOCAF dan beberapa jenis pangan lokal. Pengembangan produk singkong non-pangan dalam bentuk energi dalam bentuk bioetanol dan biofuel serta sebagai bahan baku untuk pembuatan pakan ternak.

Pemanfaatan singkong sebagai pakan ternak merupakan bentuk optimalisasi penyiapan pakan berbahan baku pakan lokal (Lendrawati, 2012). Produk yang dapat dikembangkan untuk sumber pakan lokal berjenis hijauan yaitu silase. Bagian tanaman singkong yang dapat dimanfaatkan sebagai produk silase adalah daun, batang atas dan kulit umbi. Produk silase yang dibuat dengan bahan dasar umumnya, dilakukan dengan memanfaatkan limbah produksi produk olahan singkong. Produksi

silases dengan menggunakan bagian tanaman singkong dapat menjadi alternatif dalam penyediaan produk hijauan ternak ruminansia yang dinilai masih belum optimal atau terpenuhi. Selain itu, tanaman singkong dapat dibudidayakan dengan mudah, termasuk pada tanah sub-optimal. Dengan demikian, ketersediaan bahan baku produksi silase bagian tanaman singkong bersumber pada pemanfaatan limbah produk olahan dan budidaya tanaman singkong pada lahan sub-optimal.

2.1.2 Kemampuan Tumbuh Tanaman Singkong pada Lingkungan Sub-optimal

Tanah atau lahan sub-optimal merupakan jenis tanah yang memiliki nilai produktivitas rendah akibat adanya perubahan kondisi tanah yang disebabkan oleh perubahan unsur hara (pencemaran pestisida), iklim dan eksploitasi yang berlebihan (Mulyani *et al.*, 2013). Semakin luasnya perubahan tanah menjadi sub-optimal mengakibatkan penurunan produktivitas terhadap beberapa tanaman pangan dan hortikultura. Keberadaan tanah sub-optimal berdampak pada penurunan kualitas produksi dan pendapatan pada petani. Berdasarkan hasil penelitian Mulyani dan Sarwani (2013) menunjukkan bahwa komoditas pertanian yang dapat bertahan tumbuh pada tanah sub-optimal adalah kacang tanah, kedelai, umbi jalar dan singkong (ubi kayu). Visualisasi tanaman singkong yang tumbuh pada salah satu jenis tanah sub-optimal di Kabupaten Jember dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Tanaman singkong pada tanah sub-optimal (dokumentasi pribadi)

Kemampuan tumbuh tanaman singkong dapat menjadi metode alternatif sebagai bentuk pemanfaatan tanah sub-optimal bagi petani. Tanaman singkong dapat tumbuh pada beberapa karakteristik tanah sub-optimal antara lain tanah kering masam dan tanah rawa (Mulyani *et al.*, 2016). Proses budidaya singkong pada tanah

sub-optimal dapat dilakukan dengan penggunaan metode pada umumnya. Perbedaan hasil panen singkong pada tanah sub-optimal adalah bentuk dan ukuran umbi yang lebih kecil serta membutuhkan waktu panen yang lebih panjang. Akan tetapi, hasil panen singkong pada tanah sub-optimal tidak mengurangi nilai efisiensi untuk pengembangan produk silase berbahan baku bagian tanaman singkong.

2.2 Karakteristik Bagian Tanaman Singkong

Produksi silase dari bagian tanaman singkong terdiri dari daun, batang, kulit dan umbi singkong. Setiap bagian tanaman singkong memiliki karakteristik yang berbeda. Pada produksi silase secara komersial terdapat ekualisasi bahan baku sesuai dengan ukuran dan kapasitas produksi. Berdasarkan hasil penelitian Hasrianti (2012), karakteristik kimia pada bagian tanaman singkong dapat dilihat pada **Tabel 2.2.1**.

Tabel 2.2.1. Komposisi kimia bagian tanaman singkong

Kandungan nutrisi	Daun	Batang	Umbi	Kulit umbi
Protein kasar (g)	23,2	10,9	1,7	4,8
Serat kasar (g)	21,9	22,6	3,2	21,2
Ekstrak eter (g)	4,8	9,7	0,8	1,22
Abu (g)	7,8	8,9	2,2	4,2
Ekstrak tanpa N (g)	42,2	47,9	92,1	68
Ca (mg)	0,972	0,312	0,091	0,36
P (mg)	0,576	0,341	0,121	0,112
Mg (mg)	0,451	0,452	0,012	0,227
Energi metabolis (kal)	2590	2670	1560	2960

Komposisi kimia pada setiap bagian tanaman singkong berpotensi untuk menghasilkan produk silase dengan kualitas yang baik. Oleh karena itu, proses produksi silase berbahan baku bagian tanaman singkong harus dilakukan dengan model fermentasi terpadu. Selain itu, fermentasi terpadu dapat meningkatkan daya simpan produk tanpa adanya kerusakan produk yang signifikan.

2.2.1 Karakteristik Daun Singkong

Karakteristik daun singkong berjenis jari-jari dengan jumlah belahan berjumlah 3-9 daun. Daun singkong memiliki lebar belahan daun 0,5-1,0 cm, panjang 5-12 cm dan panjang tangkai daun berkisar 5-40 cm. Permukaan daun singkong mengandung lapisan lilin tipis dan berfungsi untuk melindungi bagian klorofil daun.

Kandungan klorofil pada daun singkong sekitar 2,18-2,86 mg/g daun (berat basah) (Richana, 2013). Daun singkong muda memiliki kandungan racun lebih tinggi dibandingkan dengan daun yang sudah menguning atau coklat (Suprapti, 2005).

Daun singkong muda kaya akan kandungan protein, β -karoten (pro vitamin A), vitamin B1, vitamin B2, dan vitamin C. Daun dan tangkainya mengandung 30% protein kasar (berat bahan kering, Konsentrat protein sangat mudah didapat dengan proses isolasi dan ekstraksi. Pemanfaatan konsentrat protein pada daun singkong digunakan sebagai sumber protein pada pakan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa daun singkong dapat digunakan sebagai campuran pakan ternak dengan bahan baku lain antara lain: tepung kedelai, gude, sorgum dan rumput alfalfa (Limsila *et al.*, 2002). Hasil fraksinasi penelitian tersebut menunjukkan kandungan protein daun singkong terdiri atas asam amino, antara lain: alanin 5,7 (g/16g N), sistin 1,4; glisin 4,8; isoleusin 4,5; lisin 5,9; triptofan 2,0; valin 5,6; arginin 5,3; asam aspartat 9,8; glutamate 12,3; histidin 2,3; leusin 8,2; methionin 1,9; penilalanin 5,4; treonin 4,4; tirosin 4,0 g/16g N (Limsila *et al.*, 2002).

2.2.2 Karakteristik Batang Singkong

Batang tanaman singkong memiliki karakteristik berkayu, beruas dan dapat tumbuh sampai dengan 3 m. Batang tanaman singkong memiliki warna yang bervariasi. Warna yang dapat teridentifikasi antara lain: hijau, kelabu sampai dengan putih kelabu. Batang tanaman singkong memiliki lubang dengan karakteristik empulur berwarna putih, lunak, dengan struktur seperti gabus (Suprapti, 2005). Batang singkong yang siap panen memiliki bentuk silinder, dan di bagian tengah terdiri dari gabus, memiliki ruas dengan panjang berkisar 10-15 cm. Pada setiap batas ruas (buku), terdapat mata calon tunas, dan apabila telah tua maka mata tunas membengkak. Batang ini disiapkan untuk pembibitan (stek). Batang yang sudah tua berdiameter 2-8 cm dan tiap batang mempunyai 22-96 ruas (Richana, 2013). Dari ruas batang tersebut nantinya akan keluar bunga, yang membentuk biji, dan menjadi benih, sehingga disebut *reproductive branching*. Tinggi tanaman akan mencapai kisaran 1,20-3,70 m. Batang baru memiliki warna hijau muda dan gelap. Umumnya warna batang muda bergantung pada varietasnya (Richana, 2013).

2.2.3 Karakteristik Kulit Umbi Singkong

Kulit umbi singkong dihasilkan dari proses pemisahan dengan daging umbi. Hasil penelitian Waluyo (2013) menunjukkan bahwa umbi singkong yang dipanen memiliki komponen kulit berkisar 16% dari berat umbi keseluruhan. Besarnya persentase kulit yang terdapat pada umbi singkong berpotensi untuk dikembangkan sebagai produk samping yaitu pakan ternak. Pada produk pakan ternak silase, kulit umbi singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan pelengkap hijauan dengan dekombinasikan oleh daun dan batang muda. Dengan demikian, penggunaan kulit umbi singkong sebagai bahan baku silase dapat meningkatkan nilai tambah dan mengurangi jumlah limbah organik dari beberapa produsen produk pangan berbahan baku umbi singkong.

2.2.4 Karakteristik Umbi Singkong

Umbi singkong memiliki karakteristik berwarna putih sampai dengan kekuningan. Hasil identifikasi penampang umbi singkong terdiri dari kulit luar (*periderm*), kulit dalam (*cortex*) dan daging umbi (*parenchyma*). Daging umbi merupakan bagian terbesar yaitu 85% dari total berat umbi yang terdiri atas *xylum* yang merupakan matrik dari sel jaringan yang mengandung pati (Whetley and Chuzel, 1993). Kulit dalam umbi 11-20% dari berat umbi, sedangkan kulit luar 3%. Ukuran umbi sangat dipengaruhi oleh aspek varietas singkong dan kondisi lingkungan tumbuh (Richana, 2013).

Umbi singkong merupakan sumber karbohidrat dengan kalori yang lebih tinggi dibandingkan sumber karbohidrat yang lain. Setelah singkong dipanen, jaringan sel umbi masih hidup dan terus berespirasi dengan mengeluarkan CO₂, H₂O, dan energi. Gas CO₂ yang dikeluarkan oleh umbi segar sekitar 2-4 mg/g/hari (basis kering). Penyimpanan umbi dapat meningkatkan respirasinya dengan CO₂ yang dihasilkan sekitar 7,5 mg/g/hari pertama dan mencapai maksimum 9,7 mg/g/hari pada hari ketiga. Kecepatan respirasi terakhir tersebut menyebabkan kehilangan bahan kering sebesar 0,7%/hari. Proses respirasi selama penyimpanan menyebabkan umbi singkong tidak memiliki daya simpan yang panjang. Selain itu, singkong juga mengandung kadar 65% dan memiliki bentuk kamba (Limsila *et al.*, 2002).

Umbi singkong yang telah dipanen akan mengalami kerusakan selama 48 jam, yang diawali dengan proses enzimatis, kemudian diikuti oleh proses metabolisme yang lain. Umbi singkong daya simpan selama 2 hari apabila tidak dilakukan penanganan pascapanen. Di dalam akar, cabang, dan daun singkong terdapat zat racun asam sianida, baik dalam bentuk bebas maupun senyawa kimia, yaitu glikosida sianogenik, phaseulanathin, linamarin, dan metillinamarin atau lotaustralin (Coursey, 1973). Pada saat panen, senyawa tersebut terurai menjadi asam sianida, aseton dan glukosa, karena adanya enzim linase (Grace, 1977; Alves, 2002). Pada saat panen, jumlah asam sianida bervariasi dari dosis yang tidak berbahaya (<50 ppm) sampai yang mematikan (>250 ppm). Asam sianida ini mempunyai dosis ambang batas (*lethal*) 0,5-3 mg/kg berat badan. Bila dikonsumsi secara terus-menerus dengan dosis *sublethal* dapat menimbulkan penyakit *tropical ataxic neuropathy* dengan gejala timbulnya lesi pada saraf mata, pendengaran, dan periferi, kadar tiosianat darah yang meningkat, dan penyakit gondok. Namun demikian, asam sianida akan mengalami penurunan sampai dengan penghilangan selama singkong diproses dengan perlakuan perendaman, pengeringan, perebusan, dan fermentasi.

2.3 Proses Pelayuan untuk Mengurangi Kandungan HCN

Tanaman singkong identik dengan kandungan asam sianida atau HCN yang tinggi. Kandungan HCN pada singkong berkisar antara 50-500 ppm, sehingga disebut dengan tanaman sianogenik (Paifan *et al.*, 2004). Kandungan HCN pada singkong dapat terbentuk secara alami serta hasil metabolisme senyawa induk yaitu linamarin dan lotaustralin. Berdasarkan hasil penelitian Nambisan (1999) menunjukkan bahwa senyawa HCN yang terbentuk secara alami dengan hasil metabolisme senyawa induk tidak memiliki *pathway* yang berbeda, sehingga apabila dilakukan analisis kandungan HCN pada singkong diperoleh data akumulasi HCN yang telah terbentuk. Akan tetapi, senyawa HCN bebas memiliki sifat yang larut air dan mudah menguap, sehingga proses eliminasi dan penghilangan HCN dapat dengan mudah dilakukan. Salah satu proses pengurangan HCN sebagai *pre-treatment* pembuatan silase adalah dengan metode pelayuan (Subagio, 2018; Yuningsih, 1999).

2.3.1 Singkong sebagai Tanaman Sianogenik

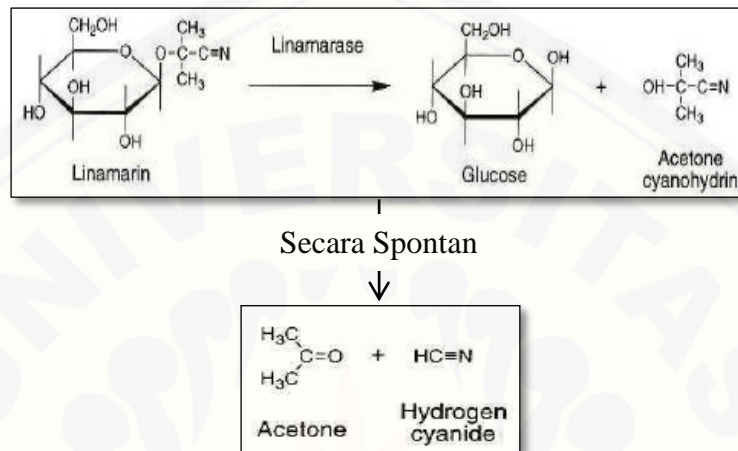
Singkong adalah tanaman sianogenik yang mengandung dua jenis glukosida sianogen yaitu linamarin (2- β -D-glucopyranoxyloxy-2-methylpropanenitrile) dan lotaustralin ((2R)- β -D- glucopyranoxyloxy-2-methylbutyronitrile) (Paifan *et al.*, 2004). Senyawa linamarin dan lotaustralin yang terdapat singkong memiliki perbandingan 10:1 (Djazuli dan Bradburry, 1999; Nambisan, 1999) Translokasi senyawa linamarin berlangsung dari daun ke akar (Nambisan, 1999). Menurut Santana *et al.* (2002) sintesis senyawa linamarin dan glukosida sianogen yang lain terakumulasi pada akar dan disintesa di pucuk daun, kemudian ditransportasikan ke akar dimana senyawa tersebut disimpan. Namun, Elias *et al.* (1997) menyatakan bahwa tidak ada akumulasi senyawa linamarin pada umbi tanaman singkong yang mengindikasikan bahwa senyawa linamarin tidak disimpan pada umbi melainkan senyawa linamarin terus digunakan untuk metabolisme sekunder dan melakukan pergerakan yang bersifat dinamis.

Varietas singkong yang berbeda menunjukkan kandungan senyawa glukosida yang berbeda pula. Kandungan senyawa linamarin pada setiap varietas singkong berbeda-beda berkisar antara 25-250 ug ekivalen sianida/g. Menurut Elias *et al.* (1997) perbedaan kandungan senyawa linamarin tersebut diduga disebabkan oleh perbedaan laju biosintesis dan degradasi senyawa glukosida sianogen pada singkong. Faktor lain yang dapat mempengaruhi perbedaan kandungan senyawa glukosida sianogen pada varietas singkong adalah lingkungan, teknik penanaman dan kondisi tumbuh (Bradburry *et al.*, 1991).

2.3.2 Mekanisme Pembentukan HCN pada Tanaman Singkong

Senyawa HCN atau asam sianida pada singkong dapat terbentuk melalui dua mekanisme yaitu terbentuk secara alami serta hasil metabolisme senyawa induk glukosida sianogenik (Paifan *et al.*, 2004). Mekanisme pembentukan HCN hasil metabolisme glikosida sianogenik dipengaruhi oleh keberadaan enzim β -glukosidase. Semakin tinggi aktivitas enzim β -glukosidase maka akan mempercepat proses pembentukan asam sianida. Hasil penelitian Mingi *et al.* (1992) menunjukkan bahwa ekstraksi senyawa glukosida sianogenik akan mendapatkan hasil optimal apabila

aktivitas enzim β -glukosidase mengalami penurunan, hal tersebut dikarenakan senyawa glukosida sianogenik tidak mengalami penguraian menjadi senyawa HCN bebas. Dengan demikian, inaktivasi enzim β -glukosidase dapat menurunkan potensi terbentuknya senyawa HCN. Mekanisme pembentukan senyawa HCN hasil metabolisme glukosida sianogenik dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Mekanisme pembentukan senyawa HCN (Haque, 2003)

Pembentukan HCN atau asam sianida dimulai pada pemecahan senyawa glukosida sianogenik oleh enzim β -glukosidase menjadi dua senyawa yaitu glukosa dan aseton-sianohidrin. Senyawa glukosa yang terbentuk akan terekspos menjadi monosakarida dan aseton-sianohidrin secara spontan akan terpecah menjadi senyawa aseton serta senyawa HCN bebas (Haque, 2003). Kandungan senyawa glukosida sianogenik pada singkong sangat kecil yaitu berkisar antara 0,023-0,183% dari berat per masing-masing bagian tanaman singkong (Hartati dan Kurniasari, 2008).

2.3.3 Metode Pelayuan untuk Pengurangan HCN

Pada proses pengolahan pangan dan pakan, terdapat beberapa metode yang efektif dalam mengurangi serta menghilangkan kandungan HCN pada bagian tanaman singkong. Beberapa metode yang dapat mengurangi serta menghilangkan kandungan HCN pada bagian tanaman singkong antara lain: perendaman, pengeringan, pengovenan, pemanasan basah, fermentasi dan pelayuan. Proses pelayuan memiliki bobot kepentingan tertinggi sebagai *pre-treatment* pembuatan silase berbahan dasar bagian tanaman singkong. Proses pelayuan merupakan kegiatan membiarkan produk

pada suhu dan kelembaban tertentu untuk memperoleh kondisi optimum sebelum produk dikonsumsi atau disimpan (Permentan, 2009). Pelayuan pada pembuatan silase bertujuan untuk menghasilkan kondisi optimum dengan mampu meneliminasi senyawa HCN sampai dengan 70%. Proses pelayuan yang dapat dilakukan sebagai *pre-treatment* pembuatan silase dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Proses pelayuan bagian tanaman singkong (dokumentasi pribadi)

Proses pelayuan dapat dilakukan pada kondisi bentuk bahan utuh atau mengalami pengecilan ukuran. Proses pengecilan ukuran pada bahan akan meningkatkan efisiensi penurunan senyawa HCN selama proses pelayuan. Pelayuan pada suhu ruang ($27-30^{\circ}\text{C}$) selama lima hari akan menurunkan kandungan HCN pada tingkatan yang sangat rendah. Hasil penelitian Yuningsih (1999) menunjukkan bahwa penurunan kandungan HCN paling efektif pada 3 hari proses pelayuan dengan konsentrasi HCN yang hilang mencapai 95%. Pada proses pelayuan, keberadaan suhu sangat mempengaruhi penurunan senyawa HCN. Kondisi suhu optimum untuk proses pelayuan adalah $27-37^{\circ}\text{C}$.

Pada pembuatan silase berbahan baku bagian tanaman singkong, proses pelayuan merupakan metode yang efektif sebagai *pre-treatment* dalam mengeliminasi senyawa HCN. Selain itu, proses pelayuan akan pada bagian tanaman singkong akan meningkatkan kelenturan dan pembukaan jaringan ikat, sehingga akan bersifat memperlunak permukaan pada produk. Dengan demikian, produk silase yang dihasilkan akan memiliki tekstur yang disukai oleh ternak ruminansia dengan kualitas fisik dan nutrisi yang baik.

2.4 Pemanfaatan Limbah Industri Olahan Singkong sebagai Bahan Baku Silase

Penerapan sistem produksi bersih pada industri pengolahan pangan dapat memberikan dampak positif pada ketersediaan bahan baku produsen pakan ternak. Pada era industri terintegrasi beberapa produsen pakan ternak memanfaatkan limbah hasil pengolahan pertanian sebagai asupan sumber nutrisi untuk pakan. Beberapa limbah yang digunakan sebagai bahan baku untuk pakan ternak antara lain: molasses, onggok, sekam padi dan beberapa bagian tanaman pertanian yang masih mengandung nutrisi sebagai pakan (Santoso *et al.*, 2011).

Pada prinsipnya, produksi silase dari bagian tanaman singkong menerapkan sistem industri terintegrasi dengan memanfaatkan potensi limbah pengolahan pangan berbahan baku umbi singkong. Beberapa produk industrialisasi berbahan baku umbi singkong antara lain: tapioka, MOCAF, tepung singkong dan lain-lain. Produksi silase dengan bahan baku bagian tanaman singkong diproyeksikan dapat membantu peternak ruminansia dalam pemenuhan produk pakan hijauan atau awetan.

2.5 Produksi Silase sebagai Produk Hijauan untuk Pakan Ternak Ruminansia

Bagian tanaman singkong yang terdiri dari daun, batang muda dan kulit umbi dapat dimanfaatkan sebagai produk pakan ternak. Pada umumnya, bagian tanaman singkong memiliki nilai konsumsi yang rendah sebagai pangan, sehingga tidak banyak dimanfaatkan untuk produk pangan. Pada beberapa industri pengolahan pangan dengan bahan baku umbi singkong, bagian tanaman singkong menjadi limbah organik dengan potensi pemanfaatan yang rendah. Pemanfaatan bagian tanaman singkong sebagai produk pakan ternak diharapkan mampu memberikan kontribusi optimal pada aspek finansial.

2.5.1 Produksi Silase Berbahan Baku Bagian Tanaman Singkong

Jenis pakan ternak yang dapat diproduksi dengan bagian tanaman singkong adalah produk silase. Silase (*silage*) merupakan salah satu produk pakan ternak yang terdiri dari bahan baku hijauan tanaman dan diproses secara fermentasi anaerob (Syamsudin *et al.*, 2004). Produk silase termasuk dalam bagian sistem produksi ternak dengan tujuan pemberian pakan ternak berbasis hijauan dapat dilakukan

sepanjang tahun produksi. Produk silase yang dihasilkan akan memiliki karakteristik nutrisi yang berbeda. Karakteristik nutrisi pada produk silase dipengaruhi oleh jenis bahan baku yang digunakan, fase pertumbuhan dan pengelolaan pascapanen. Selain itu, penambahan zat aditif yang diambahkan selama fermentasi akan membentuk karakteristik tertentu pada produk akhir silase (Yusriani, 2009). Visualisasi produksi silase (*prototype*) dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Produksi silase (dokumentasi pribadi)

Produksi silase dilakukan dengan menggunakan sistem fermentasi anaerob dengan bahan penampung bahan yang digunakan berbentuk silo. Fermentasi silase berlangsung dalam durasi waktu 7-41 hari, bergantung pada bahan baku dan jenis bahan pengawet yang digunakan. Produk silase yang diawetkan dengan waktu yang lama akan memperbaiki proses sirkulasi ketersediaan bahan baku, hal tersebut dikarenakan tanaman lapangan yang digunakan untuk produksi silase memiliki rentang waktu yang lama sebelum proses pemanenan. Dengan demikian, produk silase dapat dikembangkan dari berbagai tanaman yang dapat menunjang ketersediaan produk silase sepanjang fase produksi ternak (Syamsudin *et al.*, 2004).

Bahan silo yang digunakan sebagai tempat silase dibuat berdasarkan kebutuhan dan bahan baku yang digunakan. Bahan-bahan yang digunakan sebagai tempat produksi silase dapat dibuat dengan plastik, kaca, baja dan tanah liat. Karakteristik bahan untuk silo adalah tahan pada kondisi vakum dan tidak terdapat sirkulasi udara selama proses fermentasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses *repairing* pada silo sebelum proses fermentasi silase berlangsung (Yusriani, 2009).

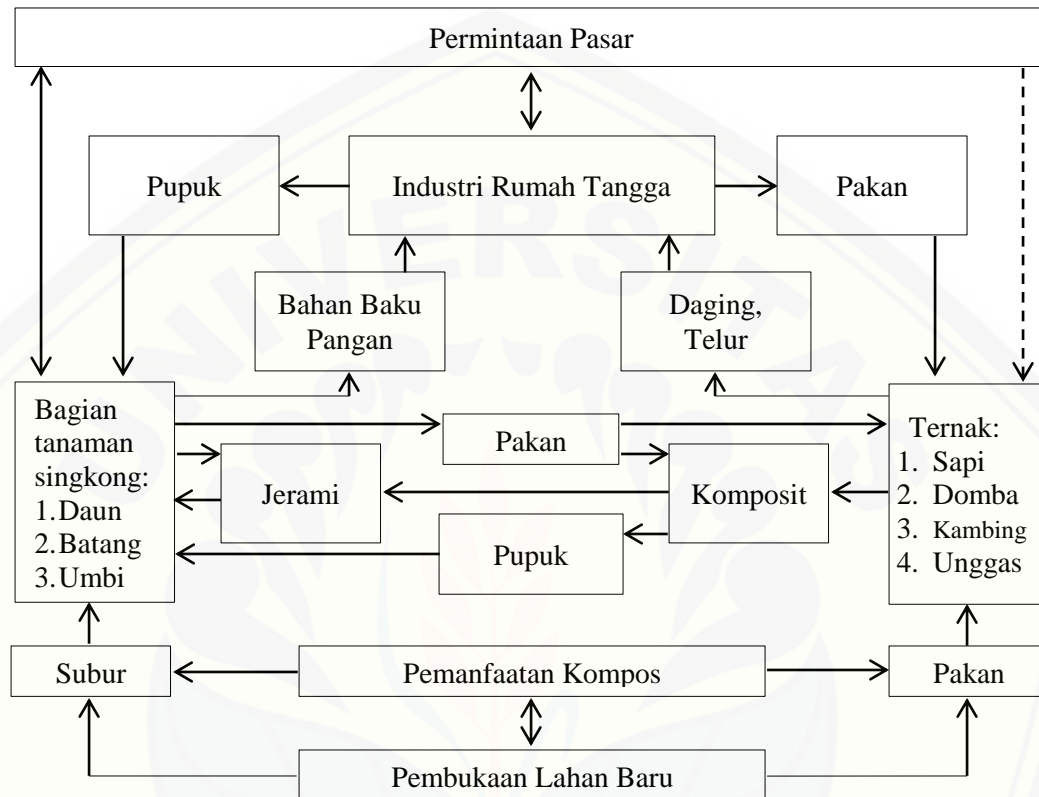
Karakteristik mutu untuk produk silase dapat ditinjau berdasarkan beberapa aspek antara lain: Kadar air, nilai pH dan pertumbuhan bakteri asam laktat. Kadar air pada proses fermentasi silase berkisar antara 60-70%. Keberadaan air pada proses fermentasi silase bertujuan untuk mempercepat proses hidrolisis polisakarida sehingga bermanfaat untuk meningkatkan daya cerna produk. Selama proses fermentasi terjadi penurunan pH untuk mengoptimalkan pertumbuhan BAL (Bakteri Asam Laktat). Nilai pH silase selama proses fermentasi berkisar antara 3,6-4,5. Perubahan nilai pH yang tidak sesuai dengan pertumbuhan BAL akan menghambat pertumbuhan BAL, sehingga asam laktat yang diproduksi tidak optimal. Keberadaan BAL pada produk silase sangat dibutuhkan oleh rumen ternak (Yusriani, 2009).

Keberadaan sistem industri terintegrasi pada bidang peternakan mengharuskan ketersediaan silase secara berkelanjutan. Produksi silase secara terintegrasi dapat memanfaatkan limbah hijauan hasil pertanian (Yusriani, 2009). Beberapa limbah hasil pertanian yang dapat dimanfaatkan serta dikembangkan salah satunya adalah bagian tanaman singkong. Pemanfaatan bagian tanaman singkong diharapkan mampu memberikan dampak yang signifikan pada pengurangan pencemaran lingkungan. Selain itu, produksi silase dari bagian tanaman singkong dapat memberikan kontribusi nilai tambah untuk petani singkong.

2.5.2 Industrialisasi Produk Silase Berbahan Baku Bagian Tanaman Singkong

Sistem industri peternakan terbagi dalam dua aspek yaitu penyediaan pakan dan budidaya hewan ternak (ruminansia dan unggas). Industrialisasi produk silase dikategorikan sebagai penyediaan pakan untuk hewan ternak ruminansia. Sistem produksi dan pengelolaan silase dari bagian tanaman singkong telah lama dibangun sebagai bagian potensi bisnis global (Hahn *et al.*, 1988). Potensi silase berbahan baku bagian tanaman singkong dapat dilihat dari peningkatan produktivitas, luas lahan dan teknik budidaya (petani). Pada era industri terintegrasi pemanfaatan bagian singkong dapat dikembangkan melalui limbah industri pertanian (Yusriani, 2009). Ketersediaan bahan baku silase dapat mengakomodir kebutuhan dan permintaan pasar. Selain itu, aspek kualitas dan nilai produk silase menjadi hal utama untuk pengembangan produk. Aspek lain yang menunjang peningkatan produk silase antara lain: pekerja, pupuk,

bahan baku, *materials organic* dan kualitas pakan yang dihasilkan. Pembuatan silase komplit dapat menjadi penyelesaian untuk pengembangan produk. Pola hubungan antara produksi silase dengan permintaan pasar dibidang peternakan ruminansia dan unggas dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Pola industrialisasi silase (Logemann dimodifikasi, 1977)

Interaksi produksi silase sangat berkaitan erat dengan pengelolaan pupuk, bibit tanaman, penyedia pakan dan bahan baku. Permasalahan yang muncul pada penerapan industrialisasi silase adalah tingkat penerimaan peternak terhadap produk yang diproduksi. Pada umumnya, peternak memproduksi produk silase secara mandiri dan dilakukan dengan metode tradisional, hal tersebut dapat menurunkan pengeluaran untuk biaya pakan. Akan tetapi, mekanisme yang dilakukan oleh peternak tidak meningkatkan nilai gizi dan bobot ternak, sehingga sangat berpengaruh pada nilai koefisien harga ternak. Sistem industrialisasi silase yang dibangun diharapkan memberikan dampak positif pada nilai koefisien harga ternak, sehingga peternak memiliki keuntungan yang lebih besar secara finansial (Hahn *et al.*, 1988).

2.6 Penggunaan EM4 (*Effective Microorganism No. 4*) pada Produksi Silase

EM4 (*Effective Miroorganism No.4*) pada produksi silase digunakan sebagai zat aditif yang memiliki fungsi untuk meningkatkan efektivitas proses fermentasi. EM4 merupakan salah satu bentuk isolat mikroba komersial yang mengandung 90% bakteri jenis BAL, pelarut fosfat, bakteri fotosintetik dan beberapa mikroba pengurai selulosa (Santoso dan Aryani, 2007). Kandungan mikroba, unsur hara dan mineral yang terapat pada EM4 dapat dilihat pada **Tabel 2.6.1**.

Tabel 2.6.1 Komposisi mikroba, nutrisi dan zat hara pada EM4

Kelompok	Jenis	Satuan	Jumlah
Mikroba	Total <i>plate count</i>	sel/ml	$2,8 \times 10^6$
	Bakteri pelarut fosfat	sel/ml	$3,4 \times 10^5$
	Kelompok <i>Lactobacillus</i>	sel/ml	$3,0 \times 10^5$
	Kelompok <i>Yeast</i>	sel/ml	$1,9 \times 10^3$
	Kelompok <i>Actinomycetes</i>	sel/ml	+
	Bakteri fotosintetik	sel/ml	+
Unsur Hara	C – Organik	% (w/w)	1,88
	Nitrogen	% (w/w)	0,68
	P ₂ O ₅	ppm	136,78
	K ₂ O	ppm	8403,70
Mineral	Al (Aluminium)	ppm	< 0,01
	Ca (Kalsium)	ppm	3062,29
	Cu (Cupprum)	ppm	1,14
	Fe (Zat besi)	ppm	129,38
	Mg (Magnesium)	ppm	401,58
	Mn (Mangan)	ppm	4,00
	Na (Natrium)	ppm	145,68
	Ni (Nikel)	ppm	< 0,05
	Zn (Seng)	ppm	1,39
	B (Baron)	ppm	< 0,0002
	Cl (Klorida)	ppm	2429,54
Sifat Fisik	Nilai pH		3,73

Penambahan zat aditif pada produksi silase dapat berpengaruh pada aspek kualitas dan daya simpan produk. Secara tradisional, penambahan zat aditif telah banyak digunakan untuk fermentasi pakan. EM4 yang ditambahkan akan memberikan dampak yang signifikan pada produk akhir silase. Selain itu, penambahan zat aditif berupa EM4 dapat meningkatkan jumlah mikroba tambahan selama proses fermentasi silase berlangsung (Santoso dan Aryani, 2007).

Penggunaan EM4 pada produksi silase bertujuan untuk meningkatkan efektivitas proses fermentasi. Penambahan EM4 selama proses fermentasi juga memperkaya beberapa kandungan nutrisi yang berguna untuk ternak ruminansia. Akan tetapi, penambahan EM4 yang tidak terkontrol akan mengakibatkan efek lethal pada beberapa jenis mikroba alami. Dengan demikian, penggunaan EM4 untuk proses produksi silase harus disesuaikan dengan jenis, karakteristik dan jumlah bahan yang digunakan (Santoso dan Aryani, 2007).

2.7 Sistem Pencernaan pada Ternak Ruminansia

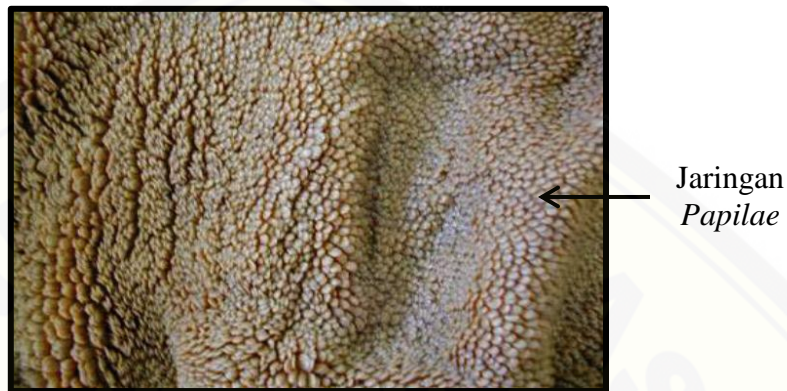
Sistem pencernaan pada ternak ruminansia berbeda dengan pencernaan ternak non-ruminansia. Sistem pencernaan pada ternak ruminansia disebut dengan rumen. Secara umum, rumen merupakan suatu ekosistem alami dan kompleks pada pencernaan ternak ruminansia. Rumen terbagi berdasarkan 4 (empat) kelompok ruang antara lain: rumen, retikulum, omasum dan abomasum. Kelompok ruang pada rumen dihubungkan oleh jaringan *reticulo-ruminal fold* (Cakra, 2016).

2.7.1 Anatomi dan Fungsi Rumen

Rumen merupakan suatu ekosistem alami yang terdapat pada pencernaan ternak ruminansia. Rumen terletak di sebelah kiri rongga perut dengan permukaan dilapisi oleh *papillae* yang dapat merenggang untuk memperluas proses penyerapan. Rumen pada ternak ruminansia memiliki karakteristik kandungan bahan kering 10-15%, nilai pH 6-7, suhu 38-42°C, berat jenis 1,022-1,055, memiliki kandungan gas kompleks dan jenis mikroba anaerob. Rumen memiliki fungsi sebagai tempat fermentasi, absorpsi VFA (*Volatile Fatty Acid*) dan amonia (NH₃) serta tempat untuk proses pencampuran (Cakra, 2016).

Jaringan pillar merupakan jaringan otot yang dapat mengalami kontraksi untuk memindahkan kandungan yang terdapat pada jaringan ikat lemak. Keberadaan lapisan *papillae* pada permukaan rumen mempengaruhi kecepatan gerak kontraksi jaringan pillar. Semakin banyak lapisan *papillae* pada rumen, maka kecepatan kontraksi jaringan pillar akan semakin lambat, sehingga sistem pencernaan ternak akan berjalan lambat (Cakra, 2016). Pada bagian dalam jaringan *reticulo-ruminal fold*

terdapat kantong-kantong yang memiliki fungsi spesifik selama proses fermentasi dan pencernaan berlangsung. Jenis kantong yang terdapat pada *reticulo-ruminal fold* antara lain: *dorsal sac*, *ventral sac*, *eramil ventral sac*, *ventral caudal blind sac* dan *dorsal caudal blind sac*. Visualisasi penampang rumen pada ternak ruminansia dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Penampang rumen (Cakra, 2016)

Berdasarkan zona dan fase pencernaan, rumen terbagi atas 4 kelompok ruang yaitu *gasses zone*, *pad zone*, *fluid phase* dan *high density phase*. Pada ruang *gasses zone* terdapat kandungan gas utama yaitu CO_2 dan CH_4 . Pada kelompok ruang *pad zone* terdapat kandungan ingesta dengan kadar air rendah dan disebut dengan *floating fiber*. Pada zona *fluid phase* mengandung banyak jaringan *papillae* dan mikroba pencernaan. Pada zona *high density phase* terdapat filter untuk memisahkan bahan dengan berat jenis yang tinggi, bahan yang dipisahkan antara lain batu, kawat, paku dan bahan bermetal yang lain (Cakra, 2016).

2.7.2 Fungsi Mikroba BAL (Bakteri Asam Laktat) pada Ternak Ruminansia

Rumen ternak ruminansia mengandung beberapa jenis mikroba. Mikroba yang paling dominan pada rumen adalah bakteri. Salah satu jenis baktei yang terdapat pada rumen adalah BAL (Bakteri Asam Laktat). Jenis BAL yang dominan pada rumen ternak adalah *Lactobacillus sp.* Pada sistem pencernaan ternak, BAL berfungsi untuk memfermentasi beberapa jenis gula pereduksi untuk membentuk asam laktat. Selain itu, keberadaan mikroba BAL mempengaruhi produksi VFA, NH_3 , CH_4 , pH dan jenis metabolit yang lainnya (Fellner, 2005).

2.8 Parameter Kualitas Produk Silase Bagian Tanaman Singkong

Standardisasi untuk parameter kualitas silase memiliki beberapa perbedaan dan disesuaikan dengan basis bahan baku yang digunakan. Bagian tanaman singkong sebagai bahan dasar produk silase memiliki kandungan HCN yang cukup tinggi dan bersifat anti-nutrisi untuk ternak. Oleh karena itu, produk silase dengan bahan baku bagian tanaman perlu dilakukan *treatment* untuk mengurangi dan mengeliminasi sampai dengan batas aman konsumsi. Kandungan senyawa HCN untuk batas aman konsumsi ternak adalah 100 ppm (Word, 1992). Selain itu, terdapat beberapa parameter yang dapat merepresentatif kualitas dari produk silase antara lain: kadar air, nitrogen, amoniak, pH dan total BAL

2.8.1 Kadar Air

Kadar selama fermentasi silase sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba. Selain itu, keberadaan air bebas pada produk akhir silase berdampak pada tingkat daya simpan. Kadar air produk silase dari awal sampai dengan akhir proses fermentasi terkontrol pada kisaran 60-70%, sehingga kondisi vakum pada silo dapat meminimalisir terjadinya perubahan kadar air pada produk silase (Yusriani, 2009). Bagian tanaman singkong yang difermentasi untuk menjadi produk silase akan mengalami peningkatan kadar air akibat adanya respirasi. Kondisi vakum pada silo akan mengurangi intensitas respirasi bahan akibat perbedaan tekanan pada kondisi normal dan selama fermentasi berlangsung. Dengan demikian, proses respirasi yang terdapat pada bahan terfermentasi akan terkontrol dan perubahan kadar air tidak terjadi secara signifikan.

2.8.2 Kadar HCN

Tanaman singkong termasuk dalam jenis umbi dengan kadar HCN atau asam sianida yang tinggi. Kadar HCN pada tanaman singkong secara keseluruhan berkisar antara 150-500 ppm (Haque, 2003). Sumber senyawa HCN pada tanaman singkong dapat terbentuk secara alami dan hidrolisis dari senyawa induk glikosida sianogenik. Pada produk silase keberadaan HCN dengan jumlah diambang batas keamanan pakan akan bersifat anti-nutrisi dan racun untuk ternak ruminansia. Senyawa HCN dapat bersifat reaktif apabila terakumulasi pada rumen ternak. Oleh karena itu, pada

pembuatan silase berbahan baku bagian tanaman singkong dilakukan *pre-treatment* berupa pelayuan untuk mengurangi senyawa HCN. Produk silase yang diproduksi dengan *pre-treatment* diharapkan mampu mengurangi HCN secara signifikan, sehingga tidak memberikan dampak yang negatif pada ternak. Keberadaan senyawa HCN pada ternak, dapat mengakibatkan toksik untuk beberapa jenis mikroba yang terdapat pada rumen. Dengan demikian, proses fermentasi pada rumen mengalami gangguan dan mengakibatkan penurunan produksi metabolit.

2.8.3 Kadar Nitrogen Total

Pada produk silase kadar nitrogen total dapat merepresentasikan beberapa senyawa yang ada dan terbentuk selama proses fermentasi. Kadar nitrogen pada silase berkaitan erat dengan keberadaan amoniak dan terbentuknya siklus nitrogen pada ruang tertutup. Penambahan zat aditif berupa EM4 dapat berpengaruh pada kecepatan terbentuknya siklus nitrogen dan gas amoniak. Sebagai nutrisi, nitrogen berguna untuk pertumbuhan BAL dan salah satu bentuk unsur yang dibutuhkan untuk pertumbuhan ternak. Selain itu, senyawa nitrogen bebas yang teridentifikasi juga dapat bersumber pada molekul asam-asam amino pada produk akhir silase dengan bahan baku bagian tanaman singkong.

2.8.4 Kadar Amoniak

Poses fermentasi silase akan menghasilkan senyawa amoniak dalam bentuk gas maupun yang berikatan dengan air. pembentukan senyawa amoniak dapat berasal dari hidrolisis asam amino yang memiliki gugus aktif NH_3 . Hasil penelitian Wulandari *et al.* (2016) menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara siklus nitrogen dengan senyawa amoniak yang terbentuk selama fermentasi silo. Nitrogen yang berikatan dengan oksigen akan menghasilkan gas amoniak sebagai hasil dekomposisi asam amino dan lepas ke udara. Tidak meratanya kandungan oksigen yang terdapat pada silo mengakibatkan terdapat hasil dekomposisi yang berikatan dengan uap air dan kembali terkondensasi sebagai zat amoniak cair (Wulandari *et al.*, 2016). Faktor lain yang dapat mempengaruhi keberadaan senyawa amoniak adalah suhu. Akan tetapi, pada proses fermentasi silase suhu dikontrol dalam keadaan stabil berkisar $27\text{-}35^\circ\text{C}$, sehingga tidak menjadi faktor utama dalam pembentukan amoniak.

2.8.5 Nilai pH

Nilai pH pada produk akhir silase berada pada kondisi asam dengan nilai derajat keasamaan berkisar 4,5-2,5. Penelitian Yusriani (2009) bagian tanaman yang digunakan untuk bahan baku silase umumnya memiliki nilai pH berkisar 7-5. Selama proses fermentasi, produk akan mengalami perubahan nilai pH menjadi asam yang disebabkan terjadinya dekomposisi polisakarida menjadi beberapa jenis asam antara lain asam asetat dan asam laktat oleh BAL dan bakteri pembentuk asam yang lain (Yusriani, 2009). Penelitian Prahesti dan Dwipayanti (2011) menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan adanya gas tambahan yang terbentuk berupa metana.

2.8.6 Kadar Serat kasar

Serat kasar pada pakan ternak berfungsi sebagai substrat fermentasi untuk beberapa jenis mikroba yang terdapat rumen. Kandungan serat pada produk silase berfungsi sebagai sumber pembentukan senyawa organik akibat adanya proses fermentasi pada rumen. Jenis mikroba yang memfermentasi serat pakan untuk menjadi asam organik adalah *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Butyrivibrio fibrisolvens* dan *Clostridium lochheadii* (Fellner, 2005). Asam-asam organik yang terbentuk selama proses fermentasi antara lain: asam format, asetat, susianat, propionate, butirrat dan laktat. Selain itu, proses fermentasi pada mikroba rumen juga mempengaruhi produksi amoniak (NH_3), gas metana (CH_4) dan beberapa senyawa hasil metabolit sekunder lainnya (Cakra, 2016).

2.8.7 Total BAL (Bakteri Asam Laktat)

BAL pada fermentasi silase berfungsi untuk mendekomposisi polisakarida untuk membentuk asam laktat sehingga nilai pH pada produk menjadi asam. Selain itu, BAL yang masih aktif dalam silase dapat bermanfaat untuk sistem pencernaan ruminansia. Proses pertumbuhan BAL pada produksi silase secara konvensional diharapkan tumbuh secara spontan. Penambahan EM4 dapat mempercepat proses pertumbuhan BAL pada silase, sehingga proses fermentasi dapat berjalan dengan efektif. Jenis bakteri yang dominan untuk proses fermentasi pada rumen adalah *Lactobacillus sp* (Cakra, 2016). Akan tetapi, keberadaan mikroba yang bervariasi pada EM4 menyebabkan terjadinya seleksi alam untuk beberapa mikroba yang

mampu bertahan. Dengan demikian, penambahan zat aditif EM4 harus dikendalikan dan disesuaikan dengan porsi untuk jenis pakan dan jumlah bahan yang difermentasi menjadi produk silase.

2.8.8 Daya Cerna Pakan Ternak

Produksi silase berbahan baku bagian tanaman singkong dapat dilakukan analisis mengenai daya cerna pakan. Nilai daya cerna pakan dapat menjadi salah satu aspek untuk pengujian kelayakan produk yang dihasilkan. Pada penelitian ini, metode penelitian daya cerna pakan yang digunakan adalah metode secara *in vitro*. Kemampuan daya cerna ternak sangat dipengaruhi oleh bahan kering dan bahan organik yang terdapat pada silase. Hasil penelitian Uriya (2017) menunjukkan bahwa pencernaan bahan organik silase erat kaitannya dengan pencernaan bahan kering. Dengan demikian, kombinasi bahan yang tepat pada pembuatan produk silase dapat mengoptimalkan daya cerna produk.

BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian dan Laboratorium Mikrobiologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai Bulan Oktober 2018 hingga selesai.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk membuat produk silase adalah *batch fermenter* yang didesain dan dirakit secara manual. Pada proses analisis, alat yang dibutuhkan antara lain: pH meter, spektrofotometri UV-VIS, destilator (Buchi K-355), oven, labu kjehdahl dan beberapa peralatan berjenis *glassware* (Pyrex).

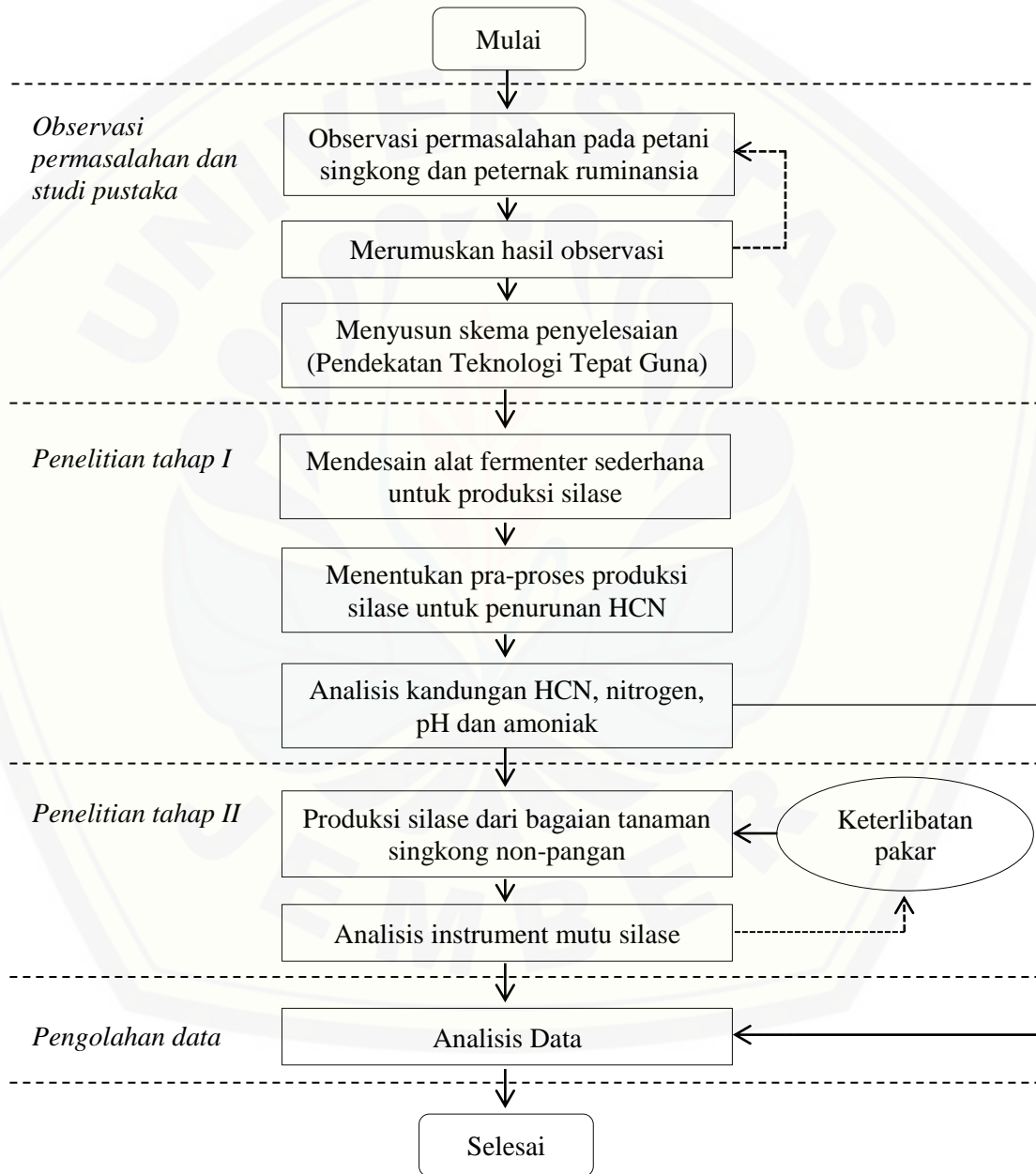
3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan baku yang digunakan untuk produksi silase adalah bagian tanaman singkong non-pangan yang terdiri dari daun, ujung batang, dan kulit umbi. Bahan analisis (Merck) yang digunakan antara lain: HCl, Na₂CO₃, asam pikrat, H₂SO₄, asam borat, NaOH, buffer pH 4, K₂SO₄, Amonium klorida, larutan fenol dan aquadest.

3.3 Konsep dan Kerangka Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil pengembangan permasalahan yang timbul dari petani singkong dan peternak ruminansia. Penggunaan pakan ternak yang dikombinasikan dengan silase dapat memberikan manfaat terutama bagi peternak. Akan tetapi, produksi silase yang dilakukan oleh peternak sangat sederhana dan tidak berbasis pada TTG (Teknologi Tepat Guna) sehingga berdampak pada kerusakan produk silase. Produk silase yang mengalami kerusakan akan menurunkan minat ternak ruminansia untuk mengkonsumsinya. Faktor lain yang mendasari penelitian ini adalah produksi singkong yang melimpah di Indonesia, sehingga bagian tanaman singkong non pangan dapat menjadi objek produksi silase.

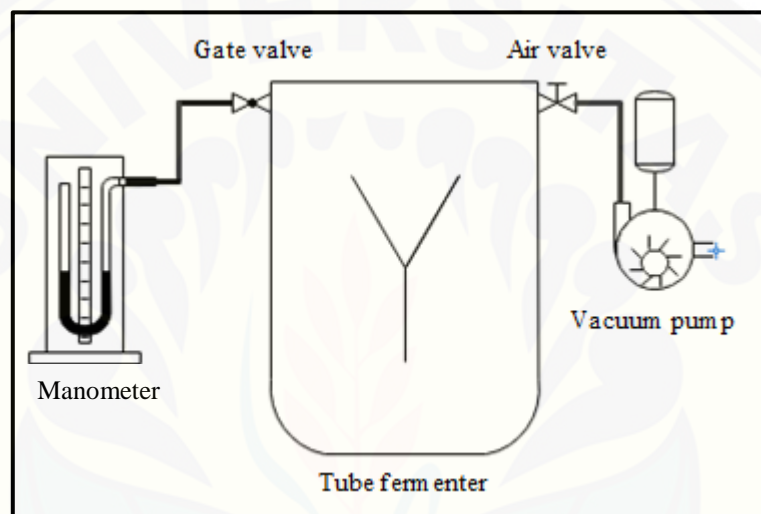
Penggunaan tanaman singkong untuk bahan baku silase dilakukan sebagai upaya menciptakan produk alternatif dengan sumberdaya lokal. Bagian tanaman singkong non pangan yang digunakan antara lain: daun, batang hijau dan kulit umbi. Selain itu, keberadaan tanaman singkong yang melimpah dapat menjadi solusi dari ketersediaan bahan baku untuk produksi silase. Konsep dan kerangka penelitian secara sistematis dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1. Konsep dan kerangka penelitian secara sistematis

3.4 Desain Alat Fermentasi

Alat fermentasi yang digunakan untuk produksi silase didesain sederhana dan tepat guna, hal tersebut bertujuan untuk memudahkan penggunaan alat bagi peternak. Pada umumnya, peternak ruminansia tidak memiliki prosedur yang baku untuk proses dan peralatan yang digunakan selama melakukan produksi silase. Pada penelitian ini, alat fermentasi yang digunakan didesain dan dirakit sesuai dengan hasil observasi permasalahan yang terdapat pada peternak ruminansia. Desain alat fermentor yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2. Desain alat fermentasi untuk produksi silase (Desain by E-Draw)

Komponen alat fermentasi terdiri dari tabung fermentor, pompa vakum, kran udara, kran penutup dan alat ukur tekanan *manometer*. Alat fermentasi tersebut beroperasi pada model *batch fermenter* dan pada kondisi anaerob. Metode yang digunakan untuk mencapai kondisi anaerob adalah mengurangi kandungan oksigen yang terdapat pada tabung. Pengurangan oksigen pada tabung dapat menurunkan tekanan dibawah tekanan atmosfer normal. Oksigen yang terdapat pada tabung dikeluarkan melalui kran udara yang dihisap oleh pompa vakum. Pengukuran tekanan vakum pada alat tersebut diukur dengan *manometer* yang telah terhubung pada kran penutup. Skala tekanan optimum *manometer* yang digunakan untuk fermentasi silase adalah -7 sampai dengan 7. Nilai skala yang diperoleh kemudian dapat dikonversi dalam bentuk satuan cmHg maupun atm.

3.5 Rancangan Percobaan dan Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan jenis rancangan percobaan faktorial dengan menggunakan 2 (dua) faktor. Faktor 1 adalah perlakuan untuk proses fermentasi (F) dan faktor 2 adalah waktu fermentasi (W). Data yang diperoleh, kemudian akan dilanjutkan dengan pembahasan secara deskriptif. Hasil kombinasi perlakuan pada rancangan percobaan faktorial dapat dilihat pada **Tabel 3.5.1**.

Tabel 3.5.1. Hasil kombinasi perlakuan

Proses Fermentasi	Waktu Fermentasi				
	W1:Segar	W2:0 Hari	W3:7 Hari	W4:14 Hari	W5: 21 Hari
F1: Tanpa air	F1W1	F1W2	F1W3	F1W4	F1W5
F2: Penambahan air 5%	F2W1	F2W2	F2W3	F2W4	F2W5
F3: Penambahna EM4 1%	F3W1	F3W2	F3W3	F3W4	F3W5

Keterangan:

F1W1 : Fermentasi tanpa air, kondisi segar

F1W2 : Fermentasi tanpa air, waktu 0 hari setelah pelayuan

F1W3 : Fermentasi tanpa air, waktu 7 hari

F1W4 : Fermentasi tanpa air, waktu 14 hari

F1W5 : Fermentasi tanpa air, waktu 21 hari

F2W1 : Fermentasi dengan air 5%, kondisi segar

F2W2 : Fermentasi dengan air 5%, waktu 0 hari setelah pelayuan

F2W3 : Fermentasi dengan air 5%, waktu 7 hari

F2W4 : Fermentasi dengan air 5%, waktu 14 hari

F2W5 : Fermentasi dengan air 5%, waktu 21 hari

F3W1 : Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, kondisi segar

F3W2 : Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, waktu 0 hari setelah pelayuan

F3W3 : Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, waktu 7 hari

F3W4 : Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, waktu 14 hari

F3W5 : Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, waktu 21 hari

3.5.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian untuk produksi silase terbagi dalam dua tahap penelitian yaitu penelitian tahap I dan penelitian tahap II. Pembagian tahapan penelitian bertujuan untuk mengetahui tingkat efektifitas jumlah bahan tambahan dan persentase bagian tanaman singkong untuk memenuhi silo yang digunakan. Setiap tahapan penelitian dilakukan monitoring dan evaluasi.

- a. Penelitian Tahap I : menentukan *pre-treatment* untuk mengurangi senyawa HCN yang terdapat pada bagian tanaman singkong, jumlah air dan EM4 serta perbandingan bagian tanaman singkong yang digunakan

Perlakuan pendahuluan untuk mengurangi senyawa HCN pada produksi silase adalah pelayuan. Proses pelayuan dilakukan sebelum fermentasi berlangsung. Suhu optimal yang digunakan untuk proses pelayuan adalah 27-33°C, selama 24 jam. Bagian tanaman singkong yang telah dilayukan dapat dilakukan fermentasi sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan.

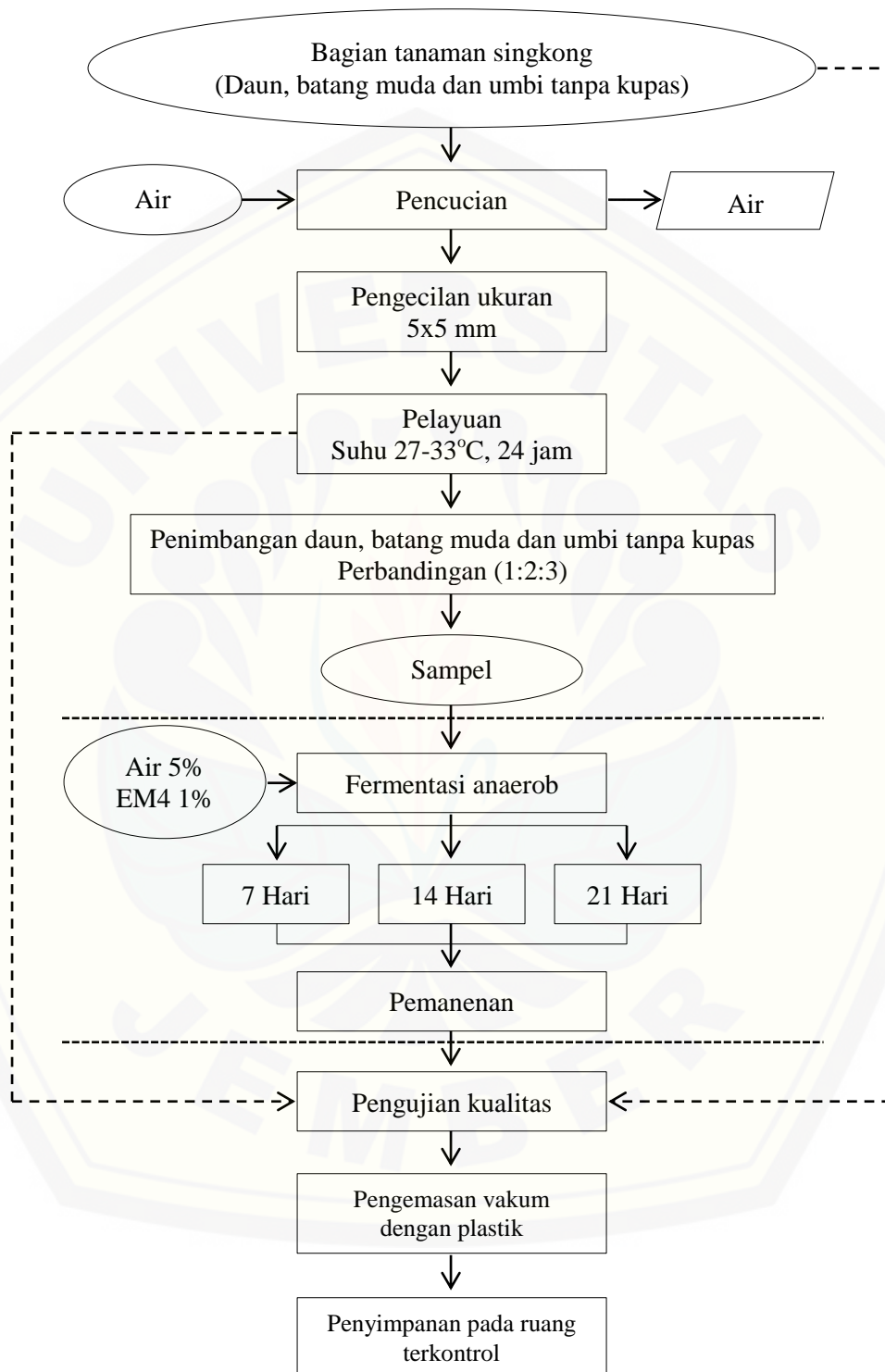
Pada proses fermentasi jumlah air dan EM4 yang ditambahkan disesuaikan dengan bahan baku dan bobot bahan pada silo. Berdasarkan hasil studi pustaka dan penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa jumlah air yang ditambahkan untuk mengontrol kadar air produk akhir silase adalah 5% dari jumlah volume maksimal silo. Kadar EM4 optimal yang ditambahkan adalah 1% dari jumlah volume silo. Penggunaan EM4 kurang atau lebih dari 1% menyebabkan penurunan efektifitas, sehingga fermentasi tidak berlangsung diatas 14 hari.

Perbandingan bobot daun, batang muda dan umbi tanpa kupas adalah 1:2:3. Pengukuran perbandingan tersebut dilakukan berdasarkan berat sampel yang terdapat pada silo. Pada penelitian ini, silo yang digunakan memiliki kapasitas bobot maksimal 3000 g, sehingga bobot masing-masing bagian tanaman singkong adalah sebagai berikut: daun 500 g, batang muda 1000 g dan umbi tanpa kupas 1500 g. Pada tahapan pengujian, sampel uji merupakan campuran dari bagian tanaman singkong yang terdapat pada silo.

- b. Penelitian Tahap II : produksi silase berbasis bagian tanaman singkong dan analisis parameter mutu produk akhir

Tahap awal untuk produksi silase adalah menyiapkan bahan baku yaitu bagian tanaman singkong yang terdiri dari daun, batang muda dan umbi tanpa kupas. Bahan yang telah disiapkan dilakukan pencucian dengan menggunakan air mengalir. Setelah itu, bahan yang telah bersih dilakukan pengecilan ukuran menggunakan metode pencacahan dengan diameter terbesarnya 5x5 mm. Bahan yang tercacah, kemudian dihamparkan pada loyang logam dan dilayukan pada suhu 27-35°C selama 24 jam.

Proses pelayuan bertujuan untuk mengurangi kandungan HCN yang terdapat pada bahan. Diagram alir produksi silase dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Diagram alir produksi silase (Yusriani dimodifikasi, 2009)

Bahan yang telah dilakukan *pre-retament* pelayuan, kemudian ditimbang pada masing-masing bagian yaitu daun, batang muda dan umbi tanpa kupas dengan perbandingan 1:2:3, sehingga diperoleh berat daun 500 g, batang muda 1000 g dan umbi tanpa kupas sebesar 1500 g. Bahan yang telah di preparasi bobotnya, kemudian dimasukkan dalam silo dan difermentasi. Metode fermentasi pada produksi silase adalah anaerob dengan tekanan dibawah 1 atm. Bahan tambahan yang digunakan untuk fermentasi adalah air 5% dan EM4 1%. Penambahan air dan EM4 dilakukan dengan penyemprotan menyebar, sehingga dapat mengisi semua ruang silo dan bahan. Fermentasi silase menggunakan durasi maksimal 21 hari dan dilakukan pemanenan pada durasi 7, 14 dan 21 hari. Selanjutnya, produk diambil sebagai *sampling* untuk diuji kualitasnya bersamaan dengan bahan pada kondisi segar dan setelah pelayuan. Silase yang telah dipanen, dikemas vakum menggunakan plastik dengan ketebalan 0.1-0.5 mm. Tahap akhir pada produksi silase adalah penyimpanan pada ruang terkontrol yaitu pada suhu 27-33°C, kelembaban 70-80% dan tekanan atmosfer pada kondisi ± 1 atm.

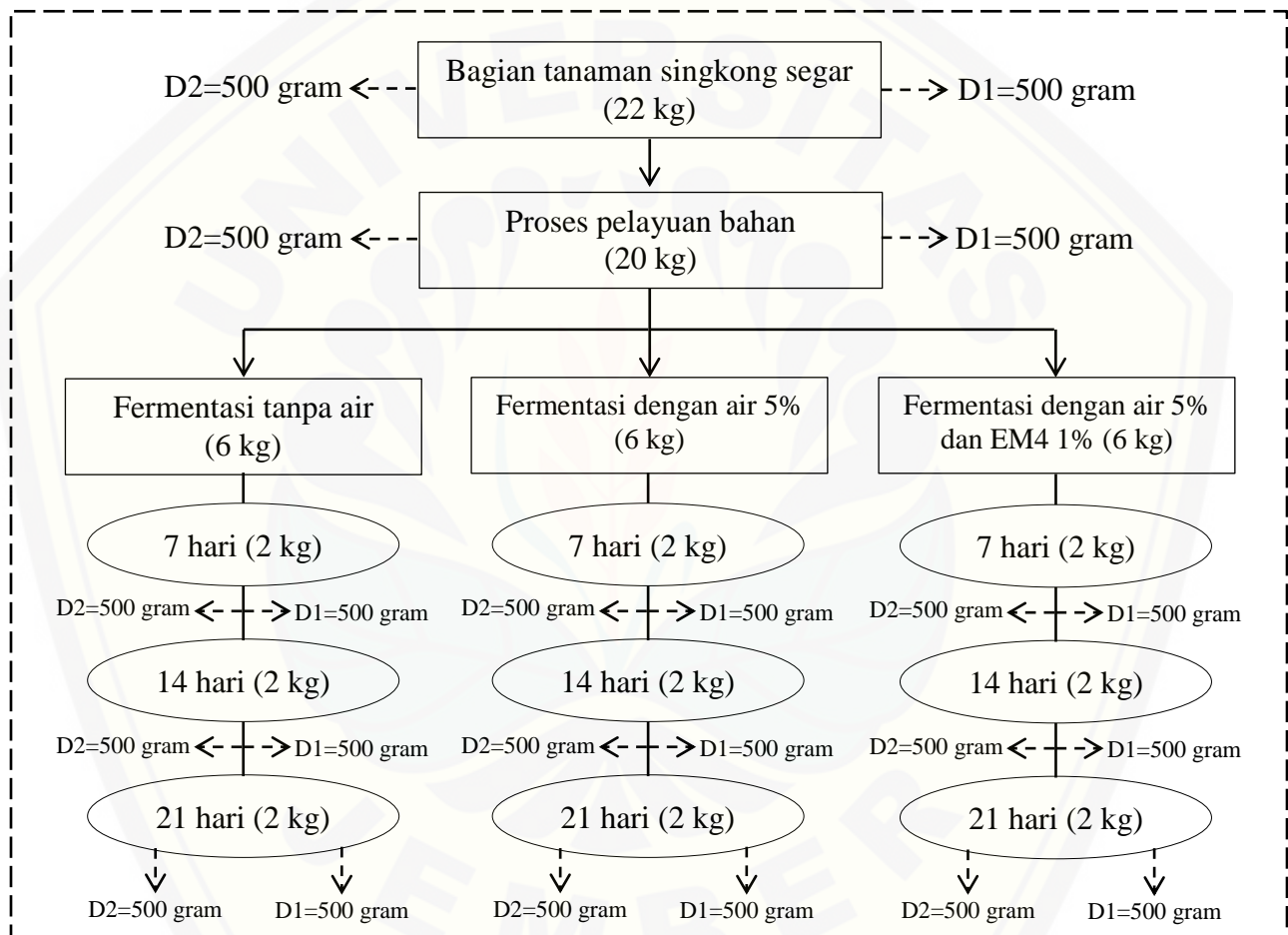
3.6 Parameter Pengamatan

Kualitas produk silase berbahan baku bagian tanaman singkong dapat dinyatakan dengan beberapa parameter pengujian antara lain:

- a. Analisis kadar air dengan metode termogravimetri (AOAC, 2005)
- b. Analisis HCN dengan metode spektrofotometri (Lian dan Hamir, 2005)
- c. Analisis kadar nitrogen dengan metode *semimicro-kjehdahl* (AOAC, 2005)
- d. Analisis kadar amoniak dalam air dengan metode titrasi (SNI, 2005)
- e. Analisis nilai pH menggunakan pH meter (Hadiwiyanto, 1994)
- f. Analisis kadar abu menggunakan metode tanur (AOAC, 2005)
- g. Analisis kadar lemak menggunakan metode soxhlet (AOAC, 2005)
- h. Analisis serat kasar menggunakan filtrasi (Sudarmadji *et al.*, 2010)
- i. Analisis TDN dan DE (Hartadi *et al.*, 1980)
- j. Analisis total BAL dengan metode *Standart Plate Count* (Ferdiaz, 1993)
- k. Analisis Indeks Efektifitas (De Garmo, 1994)

3.7 Sistem Produksi Silase dan Teknik Pengambilan Contoh

Produksi silase dengan bahan baku bagian tanaman singkong dilakukan dengan menggunakan seluruh bagian tanaman 22 kg. Persentase berat antara umbi, batang dan daun adalah 3:2:1, sehingga diketahui berat umbi cacah 11 kg, batang cacah 7 kg dan daun cacah 4 kg. Pengambilan sampel pada silase dilakukan sebanyak 500 gram untuk masing-masing treatment. Sistem produksi dan pengambilan contoh analisis silase dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Sistem produksi dan pengambilan conchong silase

Berdasarkan mekanisme yang telah disusun dapat diketahui jumlah bagian tanaman singkong untuk satu kali ulangan produksi sebesar 20 kg. Jumlah sampel yang digunakan untuk analisis pada masing-masing treatment dan dengan pengulangan 2 kali (duplo) sebesar 11 kg. Sisa produk silase dilakukan penyimpanan pada ruang terkontrol sebesar 11 kg.

3.8 Prosedur Analisis

3.8.1 Analisis Kadar Air

Tahap awal pada analisis kadar air adalah pengeringan botol timbang dengan oven selama 60 menit dengan suhu 100-105°C, kemudian diletakkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang (sebagai a gram). Sampel halus sebanyak 2 gram, kemudian dimasukkan dalam botol timbang dan ditimbang kembali (sebagai b gram). Selanjutnya, sampel pada botol timbang dilakukan pengovenan selama 6 jam dengan suhu antara 100-105°C. Setelah pengovenan selesai, sampel dan botol timbang diletakkan pada desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang (sebagai c gram). Penimbangan diulang hingga diperoleh bobot konstan (selisih penimbangan berturut-turut $\pm 0,0002$ gram). Kadar air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{b-c}{b-a} \times 100\%$$

Keterangan : a = berat botol timbang kosong (gram)

b = berat botol timbang dan sampel (gram)

c = berat botol timbang dan sampel setelah pengovenan (gram)

3.8.2 Analisis Kadar HCN

Analisis kadar HCN dilakukan dengan metode spektrofotometri. Tahap awal yang dilakukan adalah membuat kurva standard yaitu dengan memasukkan 1 ml larutan standard kedalam tabung reaksi, selanjutnya ditambahkan 1 ml aquadest, 1 ml klorofom dan 1 ml HCl 3 N. Tabung reaksi kemudian dipasangkan kertas pikrat dan ditutup dengan gabus atau kapas. Reaksi berlangsung pada durasi waktu 2-3 jam. Selanjutnya, kertas pikrat dielusikan dalam 10 ml aquadest dan diabsorbansi menggunakan spektrofotometri pada panjang gelombang 510 nm. Persamaan kurva standart yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$y = 0,0027x - 0,0006$$
$$R^2 = 0,9707$$

Analisis kadar HCN pada sampel dilakukan dengan menimbang 0,5 gram sampel silase dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya ditambahkan 1 ml aquadest, 1 ml klorofom dan 1 ml HCl 3 N. Tabung reaksi yang telah diisi sampel dan bahan analisis diletakkan kertas pikrat dan ditutup menggunakan gabus atau

kapas. Selanjutnya, sampel pada tabung reaksi didiamkan selama 2-3 jam. Kertas pikrat pada tabung reaksi kemudian dielusikan dalam 10 ml aquadest dan diabsorbansi menggunakan spektrofotometri pada panjang gelombang 510 nm. Perhitungan kadar HCN pada silase dihitung sebagai berikut:

$$y = 0,0027x - 0,0006$$

$$x \text{ (ppm)} = \frac{y+0,0006}{0,0027}$$

Keterangan : y = nilai absorbansi yang diperoleh

x = kadar HCN (ppm)

3.8.3 Analisis Kadar Nitrogen

Kadar nitrogen total pada produk silase dianalisis dengan menggunakan metode *semimicro-kjedahl*. Tahap awal analisis nitrogen dilakukan menimbang sampel sebanyak 0,1 gram, kemudian dimasukkan dalam tabung *kjedahl*. Pada tabung tabung *kjedahl* kemudian ditambahkan 0,9 gram selenium dan 2 ml H₂SO₄ pekat. Sampel kemudian didekstruksi selama 60 menit. Sampel hasil dekstruksi, selanjutnya didestilasi selama 4 menit. Destilat yang diperoleh kemudian ditampung pada erlenmeyer yang sebelumnya telah berisi 15 ml larutan asam borat 4% dan 2 ml indikator metil biru. Tahap selanjutnya dilakukan titrasi dengan larutan HCl 0,02 N sampai dengan terjadinya perubahan warna biru keabu-abuan. Kemudian pembuatan blanko dilakukan dengan tahapan yang sama tanpa menggunakan sampel. Perhitungan kadar nitrogen dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Nitrogen total (\%)} = \frac{[(\text{ml HCl sampel} - \text{ml HCl blanko}) \times \text{N HCl} \times 14,008]}{\text{berat sampel (mg)} \times 1000} \times 100\%$$

3.8.4 Analisis Kadar Amoniak

Analisis kadar amoniak dilakukan dengan menggunakan metode indofenol. Tahap awal yang dilakukan adalah membuat kurva standard amoniak dengan menyiapkan 6 tabung reaksi yang berisi 25 ml larutan standart amoniak dan ditambahkan 10 ml larutan H₂SO₄ 97% (pekat). Selanjutnya, ditambahkan 2 ml larutan penyangga, 5 ml pereaksi fenol dan 2,5 ml larutan natrium hipoklorit. Sampel dan bahan analisis dicampurkan sampai homogen. Sampel yang telah homogen ditambahkan dengan aquadest sampai tanda batas labu ukur dan didiamkan selama 30

menit. Selanjutnya pengukuran absorbansi dengan spektrofotometri pada panjang gelombang 630 nm. Untuk pengujian sampel uji, dilakukan hal yang sama dengan pembuatan kurva standart dan ditambahkan dengan larutan sampel uji yang telah diencerkan dengan aquadest sebanyak 25 ml.

3.8.5 Analisis Nilai pH

Pengujian pH dilakukan dengan menggunakan metode pH meter. Tahap awal yang dilakukan adalah melakukan kalibrasi pada pH meter menggunakan larutan *buffer* pH 4. Selanjutnya, sampel silase yang telah dipanen dilarutkan dengan 100 ml aquadest. Perikaman nilai pH dilakukan selama 10 detik dengan memasukkan pH meter pada larutan sampel yang telah dipreparasi. Pengulangan dilakukan untuk mendapatkan nilai yang konstan dan akurat.

3.8.6 Analisis Kadar Abu

Analisis kadar abu dilakukan dengan mengabukan sampel uji di dalam tanur pada suhu 400-600°C. Analisis kadar abu dilakukan untuk mengukur jumlah zat anorganik pada bahan melalui prinsip pembakaran atau pengabuan. Bahan-bahan organik yang diuraikan menjadi air (H₂O) dan gas karbon dioksida (CO₂) sehingga yang tersisa hanya kandungan zat anorganik. Tahapan pertama untuk analisis kadar abu adalah pengeringan cawan porselen selama 30 menit menggunakan oven pada suhu 105°C., kemudian didinginkan dalam eksikator selama 15 menit dan ditimbang sebagai a gram. Selanjutnya, sampel ditimbang sebanyak 0.5 gram dan dimasukkan ke dalam cawan porselen, kemudian ditimbang sebagai b gram. Cawan porselen yang berisi sampel kemudian dimasukkan dalam tanur dan diabukan menggunakan suhu 600°C selama 6 jam, sampai dengan proses pengabuan sempurna. Proses pengabuan dilakukan hingga abu pada cawan porselen berwarna putih. Sampel hasil pengabuan didinginkan selama 24 jam pada suhu ruang yang terkontrol. Sampel kemudian dilakukan penimbangan hingga konstan sebagai c gram. Perhitungan analisis kadar abu dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{c-a}{b-a} \times 100\%$$

Keterangan : a = berat cawan kosong (gram) b = berat cawan dan sampel (gram)
c = berat botol timbang dan sampel setelah pengovenan (gram)

3.8.7 Analisis Kadar Lemak

Analisis kadar lemak dilakukan dengan menggunakan metode destilasi soxhlet. Tahapan awal yang dilakukan adalah mempersiapkan kertas saring khusus analisis lemak dengan ukuran diameternya 30-45 cm. Kertas saring yang digunakan dikeringkan menggunakan oven selama 60 menit pada suhu 105°C, selanjutnya didinginkan pada desikator selama 15 menit dan ditimbang sebagai a gram. Sampel sebanyak 0.5 gram diletakkan pada kertas saring, kemudian dilipat dan diikat untuk mempermudah proses destilasi. Kertas saring yang berisikan sampel ditimbang sebagai b gram. Sampel yang telah dipreparasi kemudian di oven selama 24 jam pada suhu 60°C dan ditimbang sebagai c gram. Sampel yang telah dioven diletakkan pada tabung reaksi soxhlet dan dipasangkan dengan alat kondensor pada bagian atas serta labu lemak pada bagian bawah. Pelarut yang digunakan adalah petroleum benzene yang dialirkan pada labu lemak. Volume pelarut disesuaikan dengan kapasitas labu lemak yang digunakan. Sampel kemudian dilakukan refluks selama 4-6 jam sampai pelarut yang turun ke labu lemak berwarna jernih. Kertas saring dan sampel hasil destilasi kemudian dioven pada suhu 60°C selama 24 jam, kemudian diletakkan pada desikator selama 15 menit dan ditimbang hingga konstan sebagai d gram. Rumus yang digunakan untuk mengukur kadar lemak sampel adalah sebagai berikut:

$$\text{Kadar lemak (\%)} = \frac{c-d}{b-a} \times 100\%$$

Keterangan : a = berat kertas saring (gram)

b = berat kertas saring dan sampel (gram)

c = berat kertas saring dan sampel setelah pengovenan (gram)

d = berat kertas saring dan sampel setelah soxhlet (gram)

3.8.8 Analisis Kadar Serat Kasar

Sampel yang digunakan pada untuk analisis serat kasar sebesar 2 gram dan diekstraksi kandungan lemaknya dengan menggunakan metode *soxhlet*. Sampel non lemak kemudian diletakkan pada erlenmeyer dan ditambahkan dengan 200 ml H₂SO₄. Selanjutnya, sampel ditutup dengan pendingin balik dan dididihkan selama 30 menit. Suspensi yang diperoleh kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring dan residu yang tertinggal pada erlenmeyer dicuci dengan menggunakan aquadest

mendidih. Residu dicuci dalam kertas saring saring sampai air cucian tidak bersifat asam. Kemudian, residu yang telah dicuci dipindahkan ke dalam erlenmeyer menggunakan spatula dan yang tersisa dicuci dengan 200 ml larutan NaOH, kemudian dipanaskan dengan pendingin balik selama 30 menit. Selanjutnya, residu disaring dengan menggunakan kertas saring dan dielusikan pada larutan K₂SO₄ 10%. Residu dicuci kembali dengan aquadest mendidih dan 15 ml alkohol 95%. Kertas saring dan isinya dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 2 jam. Selanjutnya, kertas saring kering ditimbang sampai mendapatkan nilai yang konstan dan tidak mengalami perubahan. Perhitungan kadar serat kasar dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Berat residu = berat serat kasar

$$\text{Kadar serat kasar (\%)} = \frac{\text{berat residu}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

3.8.9 Analisis TDN (*Total Digestable Nutrient*) dan DE (*Digestable Energy*)

TDN (*Total Digestable Nutrient*) merupakan total energi zat makanan pada ternak yang disetarakan dengan energi dari karbohidrat. Analisis TDN dapat diperoleh dengan menggunakan uji biologis dan perhitungan menggunakan data dari hasil analisis proksimat. Metode perhitungan TDN dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut: $\text{TDN(\%)} = 37.937 - 1.018(\text{SK}) - 4.886(\text{LK}) + 0.173 (\text{BETN}) + 1.042(\text{PK}) + 0.015(\text{SK}^2) - 0.058(\text{LK}^2) + 0.008(\text{SK})(\text{BETN}) + 0.119(\text{LK})(\text{BETN}) + 0.038(\text{LK})(\text{PK}) + 0.003(\text{LK}^2)(\text{PK})$. Hasil perhitungan TDN dapat dikonversi dalam bentuk DE (*Digestable Energy*) dengan dikalikan faktor konversi masing-masing ternak ruminasia.

3.8.10 Analisis Total BAL

Pengujian total BAL pada produk silase dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan cawan. Sampel silase yang telah dipanen diletakkan pada media MRSA (Mann Rogosa Sharpe Agar) yang telah ditambahkan dengan larutan galaktosa dan sistein HCl sebanyak 660 µl. Selanjutnya dilakukan pendinginan pada suhu 50°C dan diambil sampel sebanyak 15 ml untuk dianalisis dengan menggunakan metode SPC (*Standard Plate Count*).

3.9 Analisis Data

Pada penelitian ini, pengambilan data dilakukan pada 15 jenis sampel hasil kombinasi perlakuan. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Ms. Excel 2010 dan divisualisasikan dalam bentuk grafik atau diagram. Pembahasan data ilmiah dilakukan secara deskriptif dan dikombinasikan dengan kemutakhiran pustaka untuk menunjang hasil analisis.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penjelasan dan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengukuran parameter mutu silase dilakukan dalam mode db (*dry basis*) sehingga dapat dilakukan converter untuk penentuan formulasi pakan dalam bentuk dm (*dry matter*).
2. Hasil penelitian produksi silase dengan bahan baku bagian tanaman singkong memiliki kandungan air berkisar antara 60,90-65,87% untuk fermentasi tanpa air, 72,01-74,73% untuk fermentasi dengan air 5% dan 74,66-76,03% untuk fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%..
3. Selama proses fermentasi silase, kadar HCN mengalami penurunan secara berkala yaitu berkisar antara 76,94-62,68 ppm untuk fermentasi tanpa air, 98,04-45,70 ppm untuk fermentasi dengan air 5% dan 83,70-40,71 ppm untuk fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%.
4. Fermentasi silase meningkatkan jumlah nitrogen pada produk akhir dengan kisaran 7,12-8,16% untuk fermentasi tanpa air, 9,95-11,10% untuk fermentasi dengan air 5% dan 12,14-12,8% untuk fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%.
5. Kadar amoniak mengalami peningkatan selama proses fermentasi berlangsung yaitu berkisar antara 12,75-13,35% untuk fermentasi tanpa air, 17,97-19,66% untuk fermentasi dengan air 5% dan 19,85-20,94 untuk fermentasi dengan air 5% dan penambahan EM4 1%.
6. Nilai pH selama proses fermentasi cenderung mengalami penurunan selama proses fermentasi yaitu dengan kisaran 4,78-4,15 untuk fermentasi tanpa air, 3,88-3,29 untuk fermentasi dengan air 5% dan 4,36-3,18 untuk fermentasi dengan penambahan air 5% dan EM 4 1%.
7. Kadar abu pada produk silase berkisar antara 4,81-4,72% untuk fermentasi tanpa air, 4,81-5,59 untuk fermentasi dengan air 5% dan 5,35-5,86% untuk fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%.

8. Kadar lemak kasar pada produksi silase berkisar antara 6,47-6,75% untuk fermentasi tanpa air, 8,10-8,79 untuk fermentasi dengan air 5% dan 8,55-8,98% untuk fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%.
9. Kadar serat kasar pada silase mengalami penurunan selama proses fermentasi berlangsung yaitu berkisar antara 15,52-15,28% untuk fermentasi tanpa air, 15,96-15,06% untuk fermentasi dengan air 5% dan 16,01-14,39% untuk fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%..
10. Nilai TDN dan DE pada produksi silase dengan perlakuan fermentasi tanpa air berkisar antara 72,82-75,82% dan 3,23-3,37%. Fermentasi dengan air 5% berkisar antara 76,99-77,79% dan 3,42-3,45%. Silase dengan perlakuan penambahan air 5% dan EM4 1% berkisar antara 77,10-79,01% dan 3,42-3,51%.
11. BAL yang tumbuh selama proses fermentasi memiliki fase logaritmik dengan kisaran waktu 0-28 hari. Fase puncak pertumbuhan BAL terjadi pada kisaran waktu 0-14 hari dalam durasi waktu fermentasi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, produksi silase berbahan baku bagian tanaman singkong dapat dikembangkan dengan menggunakan fermentor berpengaduk dan pemvakuman secara otomatis. Selain itu, pengukuran nilai NDF dan ADF pada produk dapat dilaksanakan untuk melengkapi analisis mutu dari produk silase yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alves, A. A. C. 2002. "Cassava Botany and Physiology". *Cassava Biology, Production and Utilization*. Oxon: CABI Publishing
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist International*. Gaithersburg, USA: AOAC International
- Askurrahman. 2010. *Isolasi Karakterisasi Linamarase Hasil Isolasi dari Umbi Singkong (Manihot Esculenta Crantz)*. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo, Bangkalan. *Agrointek*, Vol. 4(2), hlm: 138-145.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Produksi dan Luas Tanaman Singkong di Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia
- Bradbury, J. H., Egan S. V. dan Lynch, M. J. 1991. "Analysis of Cyanide in Cassava Using Acid Hidrolysis of Cyanogenic Glukosides". *Journal of Science Food and Technology*. No. 55; 277-290
- Cakra, I. G. L. O. 2016. *Bahan Ajar: Ruminologi*. Denpasar: Fakultas Peternakan, Universitas Udayana
- Cardoso, A.P., Mirione, E., Ernesto, M., Massaza, F., Cliff, J., Haque, M. R., Bradbury, J.H. 2005. Processing of cassava to remove cyanogens. *Food composition and analysis*. No.18 : 451- 460.
- Close, W dan H. Menke. 1986. *Selected Topics in Animal Nutrition: a Manual Prepared for The 3rd Hohenheim Course on Animal Nutrition in Tropics and Semitropics*. Second Edition. University of Hohenheim Germany
- Coursey, D.G. 1973. "Cassava as Food, Toxicology and Technology". *Chromic Cassava Toxicity*. Canada: International Development Research Centre
- Djazuli, M., Bradbury, H. 1999. "Cyanogen content of cassava roots and flour in Indonesia". *Journal of Food Chemistry*. Vol. 65 (4): 523-525
- De Garmo, E. P. 1994. *Engineering Economy: 7th Edition*. New York

- Elias, M., Bala, N. dan Sudhakaran, P. R. 1997. "Catabolism of Linamarin in Cassava". *Journal of Plant Science*. No. 126; 155-162
- Fardiaz, S. 1993. *Analisis Mikrobiologi Pangan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada
- Fellner, V. 2005. *Rumen Microbes and Nutrient Management*. USA: Animal Science Departement Repot. Nort Carolina State University
- Grace, M.R. 1977. *Cassava Processing*. Roma: Food and Agriculture Organization of United Nations
- Hadiwiyoto, S. 1994. Hasil-Hasil Olahan Susu, Ikan, Daging dan Telur. Yogyakarta: Liberty
- Hahn, S. K., L. Reynolds dan G. N. Egbunike. 1988. "Cassava as Livestock Feed in Africa". *Proeedings of the IITA/ILCA/University of Ibadan Workshop on the Potensial Utilization of Cassava as Livestock Feed in Africa*. 12-20
- Haque, M. R. 2003. "Preparation of Linamarin From Cassava Leves for Use in Cassava Cyanide Kit". *Journal of Food Chemistry*. No. 85; 27-29
- Hartati, I. dan Kurniasari, L. 2008. *Inaktivasi Enzimatis pada Produksi Linamarin dari Daun Singkong sebagai Senyawa Antineoplastik*. Semarang; Undip Press
- Hartadi, H. Reksahadiprojo, S. Lebdosukojo, S. dan Tillman A. D. 1980. *Tabel-tabel Komposisi Bahan Makanan Ternak untuk Indonesia*. Logan-USA: International Feedstuffs Institute Utah Agriculture Experiment Station, Utah State University
- Hasrianti. 2012. "Adsorpsi Ion Cd^{2+} dan Cr^{6+} Pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong". *Tesis*. Makassar: Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin
- Hindratiningrum, A. M. Bata dan A. Santoso. 2011. "Produk Fermentasi Rumen dan Produksi Protein Mikroba Sapi Lokal yang Diberi Pakan Jerami Amoniasi dan Beberapa Bahan Pakan Sumber Energi". *Jurnal Agripet*. Vol. 11 (2): 29-34
- Iglesias, C.A., Sanchez, T., and Yeoh, H.H. 2002. "Cyanogens and Linamarase Activities in Storage Roots of Cassava Plant from Breeding Programe". *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. 15 (4): 379-387

- Karlina, S. 2008. "Pengaruh Fermentasi Ragi Tape Dan Lama Fermentasi Terhadap Mutu Tape Ubi Jalar". *Skripsi*. Universitas Sumatra Utara. Sumatra Utara.
- Kung, L. 200. *Silage Production-Chapter 40*. Newark. University of Daleaware
- Kusuma, A P., Istirokhatun, T., Purwono. 2017. "Pengaruh Penambahan Urin Sapi Dan Molase Terhadap Kandungan C Organik Dan Nitrogen Total Dalam Pengolahan Limbah Padat Isi Rumen RPH Dengan Pengomposan Aerobik". *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 6 (1).
- Laelasari and Purwadaria, T. 2004. "Pengkajian Nilai Gizi Hasil Fermentasi Mutan *Aspergillus niger* pada Substrat Bungkil kelapa dan Bungkil Inti Sawit". *Biodiversitas*. Vol 5 (2). 48-51.
- Limsila, A., S. Tungsakul, P. Sarawat, W. Watanaronta, A. Boonsing, S. Pichitport and R.H.H. Oweler. 2002. *Cassava leaf production Research in Thailand*. Thailand: Royang Field Crops Research Center
- Mardiyanto, M. N. I Fitriyana dan A. Subagio. 2017. "Profil Senyawa Linamarin pada Umbi Singkong dengan Beberapa Teknik Pemasakan . *Skripsi*. Jember: Universitas Jember
- Mingi, N. D., Poulter, N. H. dan Roseling, H. 1992. "An Outbreak of Acute Intoxications from Consumption of Insufficiently Processed Cassava in Tanzania". *Nutrition Research*. No. 12; 677-687
- Mugiawati, R.E. 2013. *Kadar Air dan pH Silase Rumput Gajah pada Hari ke-21 dengan Penambahan Jenis Additive dan Bakteri Asam Laktat*. *Jurnal Ternak Ilmiah*. Vol. 1 (1): 201-207
- Mulyani, A. A. Priyono dan F. Agus. 2013. "Chapter 24: Semiarid Soil of Eastern Indonesia: Soil Classification and Land Uses, Development in Soil Classification, Land Planning and Policy Implications". *Springer*. 449-466
- Mulyani, A dan M. Sarwani. 2013. "Karakteristik dan Potensi Lahan Sub Optimal untuk Pengembangan Pertanian di Indonesia". *Jurnal Sumberdaya Lahan*. No.1; 47-55

- Nambisan, B. 1999. "Distribution of Linamarin and Its Metabolizing Enzymes in Cassava Tissues". *Journal of Science Food Agriculture*". No. 66; 503-508
- Nisa, M. M, A, Shahzad. M, Sarwar dan N, A, Tauqir. 2008. "Influence of Additives and Fermentation Periods on Silage Characteristics, Chemical Composition and In Situ Digestion Kinetics of Jambo Silase and Its Fodder in Nili Buffalo Bulls". *Journal Veterinary Animal Science*. Vol. 32 (2): 67-72
- Paifan, C. J., Lukas, A. M., Suzanne, P., Martha, A., John, P., Seung, Y dan Peter, D. K. 2004. "Metacyc: a Multiorganism Database of Metabolic Pathways and Enzymes". *Nucleic Acid Research*. No. 32; 3-5
- Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia. 2009. *Pedoman Penanganan Pasca Panen Hasil Pertanian Asal Tanaman yang Baik (Good Handling Practices)* Nomor: 44/Permentan/OT.140/10/2009. Jakarta: Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia
- Perry, T. W., Cullison, A. E., Lowrey, R.S..2003. *Feeds and Feeding*, 3 Ed, Practice Hall of India. New Delhi, India.
- Prahesti R.Y. dan N.U. Dwipayanti. 2011. *Pengaruh penambahan nasi basi dan gula merah terhadap kualitas kompos dengan proses anaerobik; studi kasus pada sampah domestik lingkungan Banjar Sari, Kelurahan Ubung, Denpasar Utara*: 497-506
- Richana, N. 2013. *Menggali Potensi Ubi Kayu dan Ubi Jalar*. Bandung: Penerbit Nuansa Cendikia.
- Santoso, B., N. Saleh, A. Munip, dan Y. Widodo. 2011. Peningkatan produktivitas ubi kayu di lahan kering melalui optimasi pengaturan pola tanam, populasi, pemupukan, dan pengendalian gulma, p. 9-23. *In: N. Saleh et al. (Eds.). Alternatif teknologi produksi ubi kayu dan ubi jalar mendukung ketahanan pangan dan agroindustri. Laporan akhir 2011*. Malang: Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian.
- Santana, M. A., Valeria, V., Juan, M. dan Rangel, A. 2002. "Linamarase Expression in Cassava Cultivers with Roots of Low and High Cyanide Content. *Plant Physiology*. No. 129; 1686-1694

- Saricicek, B, Z. B, Yildirim. Z, Kocabas. E, Ozgumus-Demir. 2016. "The Effect of Storage Time on Nutrient Composition and Siage Quality Parameters of Corn Silage Made in Plastic Mini Silo in Laboratory Conditions". *Journal of Institute Sciencenci & Technology*. Vol. 6 (3): 177-183
- Sitairesmi. 2002. *Mikrobiologi Lingkungan I*. Jakarta: Biologi-FMIPA UI
- Sridhar, K. R., dan S. Seena. 2006. Nutritional and Antinutritional Significance of Four Unconventional Legumes of The Genus *Canavalia* –A Comparative Study. *Journal of Food Chemistry* 99 : 267-288.
- Sudarmadji, S., H. Hariono dan Suhardi. 2010. *Analisis Bahan Makanan dan Pertanian*. Cetakan Keempat. Yogyakarta: Liberty
- Suprapti, M. L., 2005. *Teknologi Pengolahan Pangan: Manisan Kering Jambu Mete*. Yogyakarta: Kanisius
- Syamsudin, N. J.A. Syamsu, E. F. Puspita dan Nurhaeni. 2004. "Kualitas Fermentasi Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) dengan Penambahan Inokulan Bakteri Asam Laktat dan Molases". *Bull, Nutrisi dan Makanan Ternak*. No. 1; 67-75
- Uriya, M. 2017. "Daya Cerna *In Vitro* Bahan Kering dan Bahan Organik Pakan Komplit Berbasis Jerami Padi dengan Kandungan Pulp Kakao Berbeda". *Skripsi*. Makassar: Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin
- Wang, R, R. H, L, Wang. Liu dan C, C, Xu. 2011. "Effect of Different Additives on Fermentation Characteristics and Protein Degradation of Green Tea Grounds Silage". *Asian-Aus. Journal of Animal Science*. Vol. 24 (5): 616-622
- Yuningsih. 1999. "Pengaruh Cara dan Lama Penyimpanan terhadap Penurunan Kandungan Sianida pada Daun Singkong". *Seminar Nasional Peternakan dan Veteriner 1999*
- Yusriani, Y. 2009. "Pemanfaatan Silase Hijauan sebagai Pakan Nutrisi untuk Ternak". *Nutrisi Ternak*. No. 2; 7-14

LAMPIRAN

Lampiran A. Data Hasil Pengamatan Kualitas Silase

Lampiran A.1 Data Pengamatan Kadar Air

Perlakuan	Ulangan	Duplo	Kadar Air (%)	Rata-rata	SD
Fermentasi tanpa air, 7 hari	U1	D1	55.9305	60.96	3.7472
		D2	61.5605		
	U2	D1	61.3586		
		D2	64.9985		
Fermentasi tanpa air, 14 hari	U1	D1	62.5283	63.76	2.1689
		D2	62.6262		
	U2	D1	62.8779		
		D2	67.0053		
Fermentasi tanpa air, 21 hari	U1	D1	64.2644	65.87	1.3409
		D2	66.8931		
	U2	D1	67.0571		
		D2	65.2698		
Fermentasi dengan air 5%, 7 hari	U1	D1	70.2360	72.01	1.7779
		D2	71.3387		
	U2	D1	74.4360		
		D2	72.0098		
Fermentasi dengan air 5%, 14 hari	U1	D1	75.2809	73.18	6.5736
		D2	63.3927		
	U2	D1	77.0850		
		D2	76.9458		
Fermentasi dengan air 5%, 21 hari	U1	D1	75.1990	74.73	1.4800
		D2	72.8800		
	U2	D1	74.4127		
		D2	76.4116		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	71.7820	74.66	2.9912
		D2	72.9835		
	U2	D1	75.2873		
		D2	78.5785		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	72.9320	75.26	2.4023
		D2	73.5244		
	U2	D1	76.6979		
		D2	77.8704		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	75.9055	76.03	0.3124
		D2	76.4881		
	U2	D1	75.9552		
		D2	75.7812		

Lampiran A.2 Data Pengamatan Kadar HCN (Asam Sianida)

Perlakuan	Ulangan	Duplo	HCN (ppm, db)	Rata-rata	SD
Segar				246.50	1.6667
Pelayuan 24 jam				74.90	3.0987
Fermentasi tanpa air, 7 hari	U1	D1	74.46	76.94	2.3497
		D2	79.59		
	U2	D1	70.54		
		D2	83.17		
Fermentasi tanpa air, 14 hari	U1	D1	76.70	68.96	2.5727
		D2	63.03		
	U2	D1	62.46		
		D2	73.64		
Fermentasi tanpa air, 21 hari	U1	D1	57.62	62.68	1.3524
		D2	68.91		
	U2	D1	67.01		
		D2	57.16		
Fermentasi dengan air 5%, 7 hari	U1	D1	99.05	98.04	1.8270
		D2	98.98		
	U2	D1	99.39		
		D2	94.74		
Fermentasi dengan air 5%, 14 hari	U1	D1	78.81	66.77	1.5120
		D2	46.14		
	U2	D1	70.47		
		D2	71.65		
Fermentasi dengan air 5%, 21 hari	U1	D1	54.66	45.70	1.4968
		D2	39.06		
	U2	D1	45.74		
		D2	43.34		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	75.60	83.70	1.3311
		D2	84.45		
	U2	D1	80.33		
		D2	94.40		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	45.97	48.93	0.9563
		D2	49.80		
	U2	D1	47.05		
		D2	52.89		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	43.96	40.71	0.6325
		D2	38.75		
	U2	D1	39.43		
		D2	40.68		

Lampiran A.3 Data Pengamatan Kadar Nitrogen

Perlakuan	Ulangan	Duplo	Nitrogen (% db)	Rata-rata	SD
Segar				3.92	0.5255
Pelayuan 24 jam				4.71	0.4942
Fermentasi tanpa air, 7 hari	U1	D1	6.7161	7.12	0.6675
		D2	6.3988		
	U2	D1	7.6583		
		D2	7.7231		
Fermentasi tanpa air, 14 hari	U1	D1	7.9589	7.91	1.3052
		D2	6.9910		
	U2	D1	6.9628		
		D2	9.7448		
Fermentasi tanpa air, 21 hari	U1	D1	7.1819	8.16	0.7874
		D2	9.1081		
	U2	D1	8.2253		
		D2	8.1418		
Fermentasi dengan air 5%, 7 hari	U1	D1	9.8211	9.95	0.1752
		D2	9.8230		
	U2	D1	10.1921		
		D2	9.9775		
Fermentasi dengan air 5%, 14 hari	U1	D1	10.8804	10.93	2.4794
		D2	7.4409		
	U2	D1	12.8429		
		D2	12.5445		
Fermentasi dengan air 5%, 21 hari	U1	D1	10.7482	11.10	0.9394
		D2	10.4913		
	U2	D1	10.6538		
		D2	12.4978		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	10.8974	12.14	1.5289
		D2	10.9893		
	U2	D1	12.5148		
		D2	14.1411		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	11.6218	12.74	1.0305
		D2	12.1708		
	U2	D1	13.8838		
		D2	13.2904		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	13.1359	12.84	0.8333
		D2	13.4999		
	U2	D1	13.1035		
		D2	11.6191		

Lampiran A.4 Data Pengamatan Kadar Amoniak

Perlakuan	Ulangan	Duplo	Amoniak (% db)	Rata-rata	SD
Segar				14.96	1.7626
Pelayuan 24 jam				8.12	0.3961
Fermentasi tanpa air, 7 hari	U1	D1	11.3915	12.78	1.1821
		D2	12.4194		
	U2	D1	13.1076		
		D2	14.2035		
Fermentasi tanpa air, 14 hari	U1	D1	13.2497	13.38	0.7285
		D2	13.1019		
	U2	D1	12.7549		
		D2	14.4323		
Fermentasi tanpa air, 21 hari	U1	D1	12.4603	13.35	0.7913
		D2	13.8202		
	U2	D1	14.1780		
		D2	12.9255		
Fermentasi dengan air 5%, 7 hari	U1	D1	16.7793	17.97	0.9681
		D2	17.7922		
	U2	D1	19.1174		
		D2	18.1831		
Fermentasi dengan air 5%, 14 hari	U1	D1	19.7960	19.33	3.7166
		D2	13.9395		
	U2	D1	21.9507		
		D2	21.6315		
Fermentasi dengan air 5%, 21 hari	U1	D1	20.3766	19.66	1.2856
		D2	18.0517		
	U2	D1	19.2594		
		D2	20.9631		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	17.9833	19.85	2.1078
		D2	18.7950		
	U2	D1	19.8057		
		D2	22.8045		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	18.3734	20.10	1.8563
		D2	19.1109		
	U2	D1	20.2892		
		D2	22.6184		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	20.6071	20.94	0.2641
		D2	21.0816		
	U2	D1	21.2083		
		D2	20.8597		

Lampiran A.5 Data Pengamatan Nilai pH

Perlakuan	Ulangan	Duplo	Nilai pH	Rata-rata	SD
Segar				5.36	0.53
Pelayuan 24 jam				5.32	0.62
Fermentasi tanpa air, 7 hari	U1	D1	4.73	4.78	0.36
		D2	4.67		
	U2	D1	5.32		
		D2	5.04		
Fermentasi tanpa air, 14 hari	U1	D1	4.33	4.51	0.44
		D2	4.24		
	U2	D1	4.15		
		D2	4.27		
Fermentasi tanpa air, 21 hari	U1	D1	3.82	4.15	0.51
		D2	4.02		
	U2	D1	3.43		
		D2	4.32		
Fermentasi dengan air 5%, 7 hari	U1	D1	2.84	3.88	0.42
		D2	3.88		
	U2	D1	4.17		
		D2	4.29		
Fermentasi dengan air 5%, 14 hari	U1	D1	4.04	3.55	0.50
		D2	4.34		
	U2	D1	4.06		
		D2	3.46		
Fermentasi dengan air 5%, 21 hari	U1	D1	3.65	3.29	0.45
		D2	3.51		
	U2	D1	3.37		
		D2	3.16		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	3.63	4.36	0.44
		D2	4.52		
	U2	D1	4.42		
		D2	3.81		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	4.18	3.44	0.38
		D2	3.06		
	U2	D1	3.21		
		D2	3.14		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	3.22	3.18	0.28
		D2	3.81		
	U2	D1	3.35		
		D2	3.18		

Lampiran A.6 Data Pengamatan Kadar Abu

Perlakuan	Ulangan	Duplo	Abu (% db)	Rata-rata	SD
Segar				4.88	1.2302
Pelayuan 24 jam				3.10	0.7056
Fermentasi tanpa air, 7 hari	U1	D1	3.2812	4.81	1.5047
		D2	3.7716		
	U2	D1	6.2613		
		D2	5.9371		
Fermentasi tanpa air, 14 hari	U1	D1	3.7690	4.47	0.9390
		D2	3.8575		
	U2	D1	4.4387		
		D2	5.8032		
Fermentasi tanpa air, 21 hari	U1	D1	4.7761	4.72	0.3013
		D2	4.3941		
	U2	D1	5.1065		
		D2	4.6033		
Fermentasi dengan air 5%, 7 hari	U1	D1	4.6896	4.81	0.8431
		D2	4.7208		
	U2	D1	3.9033		
		D2	5.9448		
Fermentasi dengan air 5%, 14 hari	U1	D1	5.3546	4.43	1.3187
		D2	3.5649		
	U2	D1	3.0538		
		D2	5.7413		
Fermentasi dengan air 5%, 21 hari	U1	D1	5.3533	5.59	1.0252
		D2	4.9987		
	U2	D1	4.9191		
		D2	7.1057		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	4.9183	5.25	1.4766
		D2	3.3193		
	U2	D1	6.6625		
		D2	6.0915		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	5.0126	5.14	0.2160
		D2	5.2287		
	U2	D1	5.3999		
		D2	4.9201		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	5.5484	5.86	0.9041
		D2	5.5771		
	U2	D1	5.1424		
		D2	7.1866		

Lampiran A.7 Data Pengamatan Kadar Lemak

Perlakuan	Ulangan	Duplo	Lemak (% db)	Rata-rata	SD
Segar				6.20	0.7476
Pelayuan 24 jam				3.45	0.6830
Fermentasi tanpa air, 7 hari	U1	D1	5.6983	6.47	0.9626
		D2	6.3571		
	U2	D1	5.9826		
		D2	7.8606		
Fermentasi tanpa air, 14 hari	U1	D1	6.4024	6.60	0.4221
		D2	6.2937		
	U2	D1	6.4784		
		D2	7.2219		
Fermentasi tanpa air, 21 hari	U1	D1	6.2401	6.75	0.3761
		D2	7.1032		
	U2	D1	6.9453		
		D2	6.7113		
Fermentasi dengan air 5%, 7 hari	U1	D1	7.3462	8.10	0.8703
		D2	8.1108		
	U2	D1	9.3151		
		D2	7.6232		
Fermentasi dengan air 5%, 14 hari	U1	D1	9.1644	8.46	1.5500
		D2	6.1368		
	U2	D1	9.1514		
		D2	9.3745		
Fermentasi dengan air 5%, 21 hari	U1	D1	8.8631	8.79	0.8508
		D2	7.8617		
	U2	D1	8.5422		
		D2	9.9050		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	7.6058	8.55	1.0537
		D2	7.8880		
	U2	D1	8.7410		
		D2	9.9516		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	7.8326	8.63	1.1202
		D2	7.5322		
	U2	D1	9.3711		
		D2	9.8024		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	8.7290	8.98	0.1900
		D2	8.9494		
	U2	D1	9.0885		
		D2	9.1605		

Lampiran A.8 Data Pengamatan Kadar Serat Kasar

Perlakuan	Ulangan	Duplo	Serat (% db)	Rata-rata	SD
Segar				16.62	1.5814
Pelayuan 24 jam				10.60	0.3995
Fermentasi tanpa air, 7 hari	U1	D1	14.7456	15.52	1.4757
		D2	14.0811		
	U2	D1	15.7762		
		D2	17.4687		
Fermentasi tanpa air, 14 hari	U1	D1	15.2027	15.33	1.1671
		D2	15.1333		
	U2	D1	15.2231		
		D2	15.5193		
Fermentasi tanpa air, 21 hari	U1	D1	15.6073	15.28	0.6779
		D2	14.9282		
	U2	D1	15.0489		
		D2	15.1637		
Fermentasi dengan air 5%, 7 hari	U1	D1	15.4605	15.96	0.3399
		D2	16.0315		
	U2	D1	16.1032		
		D2	16.2273		
Fermentasi dengan air 5%, 14 hari	U1	D1	16.7729	15.08	2.3561
		D2	11.5878		
	U2	D1	15.9140		
		D2	16.0268		
Fermentasi dengan air 5%, 21 hari	U1	D1	16.1348	15.06	1.3719
		D2	13.0711		
	U2	D1	15.7676		
		D2	15.2471		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	15.5017	16.01	0.6551
		D2	16.4977		
	U2	D1	15.3995		
		D2	16.6572		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	11.9632	14.42	1.9626
		D2	13.7999		
	U2	D1	15.4842		
		D2	16.4207		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	14.7671	14.39	1.0240
		D2	15.3416		
	U2	D1	12.9459		
		D2	14.5026		

Lampiran A.9 Data Pengamatan TDN dan DE

Perlakuan	Abu	Protein	Lemak	Serat	BETN	TDN	DE
T0	4.88	6.81	6.20	16.62	65.49	70.47	3.13
T1	3.10	18.12	3.45	10.60	64.72	76.46	3.40
A1	4.81	17.32	6.47	15.52	55.88	75.82	3.37
A2	4.47	17.80	6.60	15.33	55.80	76.75	3.41
A3	4.72	17.37	6.75	15.28	55.88	76.58	3.40
B1	4.81	17.40	8.10	15.96	53.73	76.99	3.42
B2	4.43	17.58	8.46	15.08	54.46	79.06	3.51
B3	5.59	17.48	8.79	15.06	53.08	77.79	3.45
C1	5.25	19.01	8.55	16.01	51.18	77.10	3.42
C2	5.14	19.60	8.63	14.42	52.21	79.80	3.54
C3	5.86	19.22	8.98	14.39	51.54	79.01	3.51

Keterangan:

- T0 : Bagian tanaman singkong segar
T1 : Bagian tanaman singkong yang dilayukan 24 jam
A1 : Fermentasi tanpa air, 7 hari
A2 : Fermentasi tanpa air, 14 hari
A3 : Fermentasi tanpa air, 21 hari
B1 : Fermentasi dengan air 5%, 7 hari
B2 : Fermentasi dengan air 5%, 14 hari
B3 : Fermentasi dengan air 5%, 21 hari
C1 : Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari
C2 : Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 14 hari
C3 : Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 21 hari

Lampiran A.10 Data Pengamatan Total BAL

Perlakuan	Ulangan	Duplo	BAL (cfu/ml)	Rata-rata	Log
Segar				20227273	7.30593733
Pelayuan 24 jam				12500000	7.09691001
Fermentasi tanpa air, 7 hari	U1	D1	75454545	76136364	7.88159213
		D2	68181818		
	U2	D1	86363636		
		D2	74545455		
Fermentasi tanpa air, 14 hari	U1	D1	43636364	39772727	7.59958537
		D2	38181818		
	U2	D1	36363636		
		D2	40909091		
Fermentasi tanpa air, 21 hari	U1	D1	26363636	19545455	7.29104577
		D2	15454545		
	U2	D1	20000000		
		D2	16363636		
Fermentasi dengan air 5%, 7 hari	U1	D1	15727272	165000000	8.21748394
		D2	17454545		
	U2	D1	16909090		
		D2	15909090		
Fermentasi dengan air 5%, 14 hari	U1	D1	62727273	59318182	7.77318783
		D2	56363636		
	U2	D1	60000000		
		D2	58181818		
Fermentasi dengan air 5%, 21 hari	U1	D1	33636364	26818182	7.42842933
		D2	27272727		
	U2	D1	26363636		
		D2	20000000		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	22363636	226136364	8.35437040
		D2	26727272		
	U2	D1	19545454		
		D2	21818181		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	14818181	142727273	8.15450697
		D2	15727272		
	U2	D1	13000000		
		D2	13545454		
Fermentasi dengan air 5% dan EM4 1%, 7 hari	U1	D1	60000000	56590909	7.75274667
		D2	61818182		
	U2	D1	53636364		
		D2	50909091		

Lampiran B. Dokumentasi Penelitian



Preparasi bahan



Preparasi air dan EM4



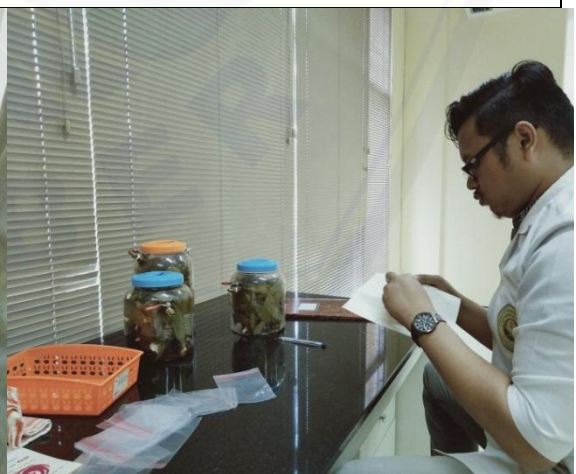
Invasi bahan pada tabung fermentor



Proses fermentasi



Pemanenan



Pengemasan dan Penyimpanan