

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Singkong (*Manihot Utilissima*)

Singkong merupakan tanaman berumur panjang yang tumbuh di daerah tropika dengan kemampuan adaptasi terhadap lingkungan yang tinggi, tetapi sensitif terhadap suhu rendah. Tanaman singkong mempunyai adaptasi yang luas. Hal inilah yang menyebabkan singkong dapat ditanam dimana-mana setiap waktu sepanjang tahun dengan resiko kegagalan kecil.

Tanaman singkong memiliki beberapa kelebihan diantara dapat tumbuh disegala tanah, tidak memerlukan tanah yang subur asal cukup gembur, tetapi sebaliknya tidak tumbuh dengan baik pada tanah yang terlalu banyak airnya (Cecep, 2009).

Singkong atau yang dikenal juga dengan nama ubi kayu merupakan tumbuhan tahunan tropika dari keluarga *Euphorbiaceae*. Singkong merupakan umbi atau akar pohon yang panjang dengan fisik rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm. Daging umbinya berwarna putih atau kekuning-kuningan. Singkong tidak tahan disimpan meskipun ditempatkan di lemari pendingin. Gejala kerusakan yang timbul ditandai dengan keluarnya warna biru gelap.

Singkong terdiri dari beberapa bagian yang sangat bermanfaat dikehidupan sehari-hari. Umbinya bisa dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat, daunnya dapat yang dimakan sebagai sayuran atau sebagai ramuan, merupakan sumber protein yang baik juga mengandung vitamin dan mineral. Bagian dari singkong yang dianggap limbah jika tidak dimanfaatkan yaitu kulit singkong, yang merupakan limbah kupasan hasil pengolahan gaplek, tapioka, tape, dan panganan berbahan dasar singkong lainnya.

Untuk melihat potensi nutrisi tanaman singkong dalam beberapa bagiannya, berikut komposisi kimia singkong pada beberapa bagiannya seperti ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi Nutrisi Tanaman Singkong

Kandungan nutrisi	Daun (%)	Batang (%)	Umbi (%)	Kulit (%)
Protein kasar	23,2	10,9	1,7	4,8
Serat kasar	21,9	22,6	3,2	21,2
Ekstrak eter	4,8	9,7	0,8	1,22
Abu	7,8	8,9	2,2	4,2
Ekstrak tanpa N	42,2	47,9	92,1	68
Ca	0,972	0,312	0,091	0,36
P	0,576	0,341	0,121	0,112
Mg	0,451	0,452	0,012	0,227
Energi metabolis	2590	2670	1560	3960

Sumber : Devendra (1977)

Kulit singkong merupakan limbah kupasan hasil pengolahan gaplek, tapioka, tape, dan panganan berbahan dasar singkong lainnya. Potensi kulit singkong di Indonesia sangat melimpah, seiring dengan eksistensi negara ini sebagai salah satu penghasil singkong terbesar di dunia dan terus mengalami peningkatan produksi dalam setiap tahunnya. Produktivitas singkong di Indonesia sebesar 22.677.866 ton (Badan Pusat Statistik, 2012). Setiap bobot singkong akan dihasilkan limbah kulit singkong sebesar 16% dari bobot tersebut (Cecep, 2009), sehingga dapat diprediksikan jumlah kulit singkong yang dihasilkan akan melimpah. Limbah kulit singkong yang ditunjukkan pada gambar 2.1 dibawah ini

**Gambar 2.1.** Kulit singkong setelah dikupas

Ketersediaan kulit singkong akan menjadi limbah yang merupakan pencemaran lingkungan bila tidak dimanfaatkan dengan baik. Usaha pemanfaatan limbah ini yaitu sebagai pakan ternak, akan tetapi karena rendahnya kandungan gizi dan adanya zat anti nutrisi yaitu asam sianida (HCN) serta kandungan serat kasar yang tinggi menjadi faktor pembatas pemanfaatan kulit singkong sebagai pakan ternak sehingga diperlukan pengolahan lebih lanjut agar

pemanfaatan kulit singkong menjadi lebih optimal yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Kulit singkong bersih

Data pada tabel 2.2 berikut menunjukkan komposisi kimia kulit singkong sehingga bisa menjadi acuan untuk pemanfaatan limbah kulit singkong menjadi alternatif pakan ternak.

Tabel 2.2. Kandungan pada Kulit Singkong

Elemen	C	H	O	N	S	Ash	H ₂ O
Wt (%)	59,31	9,78	28,74	2,06	0,11	0,3	11,4

Sumber : Departemen Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Institut Pertanian Bogor, 2011

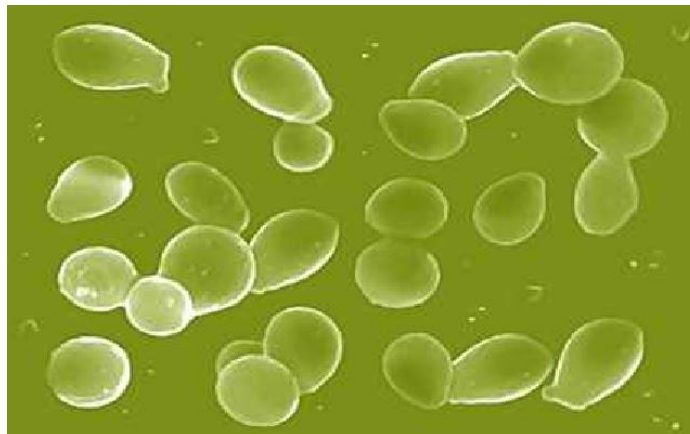
2.2 *Saccharomyces Cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae merupakan khamir sejati tergolong eukariot yang secara morfologi hanya membentuk blastospora berbentuk bulat lonjong, silindris, oval atau bulat telur yang dipengaruhi oleh strainnya. *Saccharomyces cerevisiae* secara morfologis umumnya memiliki bentuk elipsodial dengan diameter yang tidak besar, hanya sekitar 1-3 μ m sampai 1-7 μ m³. *Saccharomyces* berasal dari bahasa Latin yang berarti gula jamur. Banyak anggota dari genus ini dianggap sangat penting dalam produksi makanan. Taksonomi *Saccharomyces spp* sebagai berikut :

Super Kingdom : Eukaryota
Phylum : Fungi
Subphylum : Ascomycota
Class : Saccharomycetes

Order : *Saccharomycetales*
Family : *Saccharomycetaceae*
Genus : *Saccharomyces*
Species : *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae dapat berkembang biak dengan membelah diri melalui *budding cell*, yang memerlukan sumber karbon, nitrogen, mineral, dan vitamin. Kombinasi nutrisi ini diformulasikan dalam media fermentasi untuk mendukung pertumbuhan dan viabilitas sel khamir. Reproduksi dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan serta jumlah nutrisi yang tersedia bagi pertumbuhan sel. Penampilan makroskopik (ditunjukkan pada gambar 2.3) mempunyai koloni berbentuk bulat, warna kuning muda, permukaan berkilau, licin, tekstur lunak dan memiliki sel bulat dengan askospora 1-8 buah. Khamir dapat berkembang biak dalam gula sederhana seperti glukosa, maupun gula kompleks disakarida yaitu sukrosa. Adapun struktur *Saccharomyces cerevisiae* ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut ini :



Gambar 2.3. *Saccharomyces cerevisiae*

Komposisi kimia *Saccharomyces cerevisiae* terdiri atas : protein kasar 50-52%, karbohidrat ; 30-37%; lemak 4-5%; dan mineral 7-8%. Suriawiria (1990) melaporkan komposisi kimia sel khamir yang hampir sama dan kandungan asam aminonya yang ditunjukkan pada tabel 2.3 dan tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2.3. Komposisi sel khamir *Saccharomyces cerevisiae*

Senyawa	Jumlah (%)
Abu	5,0-9,5
Asam nukleat	6,0-12,0
Lemak	2,0-6,0
Nitrogen	7,5-8,5

Sumber : Suriawiria (1990)

Tabel 2.4. Kandungan Asam Amino sel khamir *Saccharomyces cerevisiae*

Asam Amino	Jumlah (%)
Fenilalanin	4,1-4,8
Isoleusin	4,6-5,3
Lisin	7,7-7,8
Leulisin	7,0-7,8
Metionin	1,6-1,7
Sistin	0,9
Treonin	4,8-5,4
Triptofan	1,1-1,3
Valin	5,3-5,8

Sumber : Suriawiria (1990)

Saccharomyces cerevisiae mempunyai beberapa enzim yang mempunyai fungsi penting yaitu intervas, peptidase dan zimase. *Saccharomyces cerevisiae* dapat dimanfaatkan sebagai probiotik, prebiotik dan imunostimulan dan kegunaan lainnya di dalam meningkatkan produksi ternak. Tabel 2.5 berikut ini menunjukkan beberapa pemanfaatan *Saccharomyces cerevisiae* pada ternak.

Tabel 2.5. Pemanfaatan *Saccharomyces cerevisiae* untuk berbagai jenis ternak

Jenis ternak	Pemanfaatan	Sumber pustaka
Ruminansia		
Sapi	Meningkatkan produksi susu dan bobot badan	Wina (2000)
Domba	Meningkatkan bobot badan	Ratnaningsih (2002)
Unggas		
Ayam	Menurunkan kuma <i>E. coli</i>	Kumprecht <i>et al</i> (1994)
	Meningkatkan bobot badan	Kompiang (2002) ;
Hewan Air		
Udang, Ikan	Meningkatkan sistem kekebalan tubuh	Fox (2002)
Lainnya		
Kelinci	Meningkatkan bakteri yang menguntungkan	Tedesco <i>et al</i> (1994)

Sumber : Riza Zainudin Ahmad

2.3 Kandungan Kulit Singkong

2.3.1 Karbohidrat

Secara alami ada 3 jenis karbohidrat, yaitu monosakarida, oligosakarida dan polisakarida. Bentuk yang paling umum dari oligosakarida yaitu disakarida yang terdiri dari 2 monosakarida. Bahan monosakarida yang terdapat diperdagangan umumnya dibuat melalui proses hidrolisa bahan polisakarida. Bahan monosakarida untuk makanan dan obat-obatan seperti glukosa dan fruktosa sering dibuat dari jagung, ketela pohon, ubi jalar dan lainnya.

Klasifikasi Karbohidrat

1. **Monosakarida** : terdiri atas 3-6 atom C dan zat ini tidak dapat lagi dihidrolisis oleh larutan asam dalam air menjadi karbohidrat yang lebih sederhana. Berikut macam-macam monosakarida : dengan ciri utamanya memiliki jumlah atom C berbeda-beda : triosa (C3), tetrosa (C4), pentosa (C5), heksosa (C6), heptosa (C7).
2. **Disakarida** : senyawanya terbentuk dari 2 molekul monosakarida yg sejenis atau tidak. Disakarida dapat dihidrolisis oleh larutan asam dalam air sehingga terurai menjadi 2 molekul monosakarida.
3. **Oligosakarida** : senyawa yang terdiri dari gabungan molekul monosakarida yang banyak gabungan dari 3 – 6 monosakarida, misalnya maltotriosa
4. **Polisakarida** : senyawa yang terdiri dari gabungan molekul-molekul monosakarida yang banyak jumlahnya, senyawa ini bisa dihidrolisis menjadi banyak molekul monosakarida. Polisakarida merupakan jenis karbohidrat yang terdiri dari lebih 6 monosakarida dengan rantai lurus/cabang.

Tingginya kandungan karbohidrat dalam kulit singkong, yang berarti pula sebagai kulit singkong dapat menjadi bahan pakan sumber energi yang cukup tinggi. Selain itu, kulit singkong menunjukkan kandungan protein yang rendah dan kandungan serat kasar yang tinggi. Serat kasar yang tinggi akan menjadi masalah di dalam sistem pencernaan sehingga diperlukan pengolahan yang mampu meningkatkan komposisi kimia yang dibutuhkan oleh ternak serta

menurunkan kandungan faktor pembatas penggunaan kulit singkong sebagai pakan ternak, salah satunya melalui fermentasi.

Proses fermentasi dikenal juga dengan proses perombakan karbohidrat, dalam hal ini menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Jenis ini menghasilkan enzim *zimase* dan *invertase*. Fungsi enzim *invertase* adalah untuk memecah sukrosa ataupun polisakarida (pati) yang belum terhidrolisis untuk diubah menjadi monosakarida (glukosa). Sedangkan enzim *zimase* selanjutnya mengubah monosakarida menjadi etanol.

Enzim yang dihasilkan selama proses fermentasi ini diharapkan dapat memecah serat yang cukup tinggi menjadi molekul karbohidrat yang lebih sederhana, sehingga meningkatkan jumlah energi yang dapat dimetabolisme oleh ternak.

2.3.2 Protein

Protein berasal dari kata Yunani “*proteios*” yang berarti pertama atau kepentingan utama. Sesuai namanya, protein sangat penting sebagai penyusun dari semua kehidupan sel dan merupakan kelompok kimia terbesar didalam tubuh setelah air. Protein merupakan komponen esensial dari inti sel dan protoplasma sel. Oleh sebab itu protein jumlahnya besar dalam jaringan otot karkas, organ-organ dalam, syaraf, dan kulit.

Protein adalah senyawa organik yang sangat komplek dengan berat molekul tinggi. Seperti halnya karbohidrat dan lemak, protein tersusun dari unsur-unsur C, H, dan O. Umumnya protein mengandung 16% unsur N dan kadang-kadang mengandung unsur fosfor atau sulfur. Unit dasar penyusun protein adalah asam-amino. Secara alami, kulit singkong mengandung protein yang sangat rendah hanya sekitar 4,8-8,2 %. Namun kandungan protein kulit singkong bisa ditingkatkan melalui proses fermentasi dengan bantuan khamir sehingga kulit singkong dapat digunakan sebagai substrat untuk produksi protein sel tunggal (*single cell protein*).

Fermentasi dengan pemberian kultur tertentu menghasilkan produk yang lebih baik, ditinjau dari kandungan protein, kadar HCN ataupun aplikasi pada

hewan ternak langsung. Penelitian lain melakukan fermentasi umbi ubi kayu maupun onggok dengan *Aspergillus niger* dan terjadi peningkatan sangat signifikan terhadap kadar protein gaplek fermentasi dibandingkan dengan kontrol, begitu juga kadar protein onggok meningkat setelah fermentasi.

2.3.3 Serat Kasar

Selain kandungan asam sianida (HCN) yang tinggi, faktor pembatas lain dalam pemanfaatannya sebagai bahan baku pakan ternak adalah tingginya serat kasar yaitu sekitar 21-34 %.

Serta kasar terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Meskipun demikian serat kasar dalam pakan lebih baik tidak melebihi 5 % - 6 % (Mulyasari dkk, 2011) karena bila kadarnya berlebih, serat kasar dapat menyebabkan gangguan metabolisme yaitu terhalangnya proses penyerapan nutrisi yang dibutuhkan dalam usus halus.

Upaya untuk menurunkan serat kasar dalam bahan pakan telah banyak dilakukan antara lain melalui proses biologi dan kimia. Proses biologi untuk menurunkan serat kasar banyak dilakukan dengan fermentasi. Selain itu dapat juga dilakukan upaya lain, yaitu upaya penurunan serat kasar dengan proses kimia dengan proses perendaman dengan menggunakan larutan alkali (basa) maupun asam.

2.3.4 Asam sianida (HCN)

Glikosida sianogenik merupakan senyawa yang terdapat dalam bahan makanan nabati dan secara potensial sangat beracun karena dapat terurai dan mengeluarkan hidrogen sianida. Glikosida sianogenik juga terdapat pada berbagai tanaman dengan nama senyawa yang berbeda seperti amigladin pada biji almonds, aprikot dan apel, dhurin pada biji sorghum, dan linamarin pada kara (lima bean) dan singkong.

Glikosida sianogenik artinya suatu ikatan organik yang dapat menghasilkan racun biru / HCN yang bersifat sangat toksik. Zat glikosida dinamakan linamarin.

Linamarin oleh enzim β glikosidase akan diuraikan menjadi HCN, benzaldehid, dan glukosa.

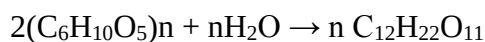
Sianida sebagai hidrogen sianida, atau salah satu garamnya yang banyak digunakan dalam elektroplating, adalah racun yang bertindak sangat cepat (reaktif). Sianida tidak stabil dalam air dan dapat dihilangkan dengan perlakuan biologi atau dengan khlorinasi. Hal ini mungkin terjadi dalam air hanya sebagai hasil dari tumpahan bahan kimia.

Asam sianida dikelompokkan sebagai senyawa racun. Asam ini merupakan faktor pembatas dalam pemanfaatan tanaman ubi kayu sebagai pakan karena ternak yang mengkonsumsinya dapat mengalami keracunan. Racun sianida cukup cepat reaksinya dalam tubuh dan paling toksik jika dibandingkan dengan racun yang lain. Dengan dosis yang cukup rendah (0,5 – 3,5 mg/kg bobot badan), asam sianida sudah dapat mematikan hampir semua spesies hewan.

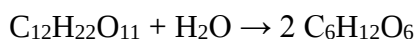
Sianida yang tinggi di dalam ubi kayu dapat didetoksifikasi dengan cara fisik dan kimiawi; secara fisik dapat dilakukan dengan pencucian, pemotongan, perendaman, pengukusan, dan pengeringan. Pencucian dan pengukusan maupun pengeringan dapat mengurangi kandungan HCN, karena sifat HCN yang mudah menguap dan larut dalam air. Proses pencacahan dapat memperbesar peluang kontak antara linamarin dan linamerase dan terjadi disintegrasi struktur sel umbi yang dapat mempercepat pelepasan sianida. Pencacahan juga dapat memperluas permukaan sehingga memudahkan terjadinya penguapan sianida. Sedangkan, pemanasan akan mempercepat proses penguapan untuk menurunkan sianida, mempercepat dehidrasi dan pemecahan struktur sel, sehingga terjadi degradasi glikosida linamarin dalam ubi kayu oleh enzim linamerase yang menghasilkan glukosa dan aseton sianohidrin untuk selanjutnya melepaskan hidrogen sianida. Selain perlakuan secara fisik sebagaimana yang tersebut di atas, pengurangan kandungan racun dapat juga dilakukan secara biologis maupun kimiawi antara lain dengan proses fermentasi, hidrolisis menggunakan asam ataupun perpaduan antara fermentasi yang dilanjutkan dengan hidrolisis asam.

2.4 Fermentasi

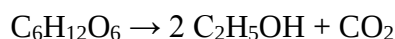
Fermentasi diartikan sebagai proses metabolisme, yaitu proses terjadinya perubahan kimia pada substrat organik karena aktivitas enzim yang dihasilkan mikroba. Senyawa organik yang diubah adalah gula. Proses ini disebut juga fermentasi karbohidrat atau alkohol. Reaksi ini tidak membutuhkan oksigen. Tahaan reaksi yang terjadi :



Amilum/pati amilase maltosa



Maltosa maltase glukosa



Glukosa alkohol

Rachman (1989) menyatakan bahwa fermentasi adalah proses yang melibatkan aktivitas mikroba untuk memperoleh energi melalui pemecahan substrat yang berguna untuk keperluan metabolisme dan pertumbuhannya sehingga dapat menyebabkan perubahan sifat bahan pakan akibat dari pemecahan kandungan zat makanan dalam bahan pakan tersebut.

Winarno dkk (1980) menyatakan bahwa pada proses fermentasi mikroba akan membutuhkan sejumlah energi untuk pertumbuhannya dan perkembangbiakkannya yang akan diperoleh melalui perombakan zat makanan di dalam substrat. Perubahan kimia yang terjadi di dalam substrat diakibatkan oleh aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba tersebut yang meliputi perubahan molekul kompleks seperti karbohidrat, protein, dan lemak menjadi molekul yang mudah dicerna. Fermentasi dapat memperbaiki sifat-sifat bahan dasar seperti meningkatkan pencernaan, menghilangkan senyawa beracun, menimbulkan rasa, dan aroma yang disukai.

Hasil fermentasi tergantung dari jenis bahan (substrat), macam mikroba dan kondisi di sekelilingnya yang mempengaruhi aktivitas mikroba. Kulit singkong mengandung bahan-bahan organik seperti karbohidrat, protein, lemak, dan

mineral. Proses fermentasi dapat meningkatkan kandungan energi dan protein, menurunkan kandungan sianida dan kandungan serat kasar, serta meningkatkan daya cerna bahan makanan berkualitas rendah.

Fermentasi dapat terjadi karena adanya mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai. Prinsip dari fermentasi adalah menumbuhkan mikroba pembentuk alkohol dan asam, dan menekan pertumbuhan mikroba proteolitik dan lipolitik. Fermentasi juga dapat berfungsi untuk mengawetkan bahan pangan, peningkatan nilai gizi, perbaikan cita rasa. Teknologi fermentasi untuk pengawetan lebih mengutamakan penilaian daya simpan dan pemeliharaan daya guna bahan, sedangkan teknologi fermentasi produksi lebih mengutamakan efisiensi konversi substrat dengan produk yang diharapkan.

2.4.2 Mekanisme Fermentasi

Ketersediaan kulit singkong yang cukup besar menimbulkan kekhawatiran tentang limbah kulit singkong yang dihasilkan dari produk singkong. Limbah kulit singkong ini berpotensi untuk diolah dan dimanfaatkan sebagai sumber alternatif pakan ternak dari bahan yang tak termanfaatkan. Berdasarkan beberapa penelitian menyatakan bahwa kulit singkong memiliki kandungan protein yang rendah, serat kasar yang tinggi, serta kandungan asam sianida (HCN) didalamnya. Keadaan kulit singkong yang rendah nutrisi serta mengandung zat anti nutrisi ini menunjukkan perlunya pengolahan lebih lanjut untuk memperbaiki nutrisi yang terkandung dan juga mengurangi kandungan racun (HCN) pada kulit singkong.

Salah satu proses pengolahan yang dapat menurunkan kandungan sianida dalam kulit singkong adalah proses fermentasi. Fermentasi dapat menghilangkan HCN dari suatu bahan pakan (Cecep, 2009). Selama ini proses fermentasi sudah banyak digunakan sebagai upaya untuk meningkatkan kandungan nutrisi suatu bahan pakan terutama kandungan proteinnya, juga dapat mengurangi dan menghilangkan HCN. Maka teknik fermentasi adalah salah satu proses yang sangat tepat dalam mengolah kulit singkong sebelum diberikan kepada ternak. Prinsipnya teknologi fermentasi ini adalah proses pembiakkan mikroorganisme

terpilih pada media kulit singkong dengan kondisi tertentu sehingga mikroorganisme tersebut dapat berkembang dan mengubah komposisi kimia media tersebut sehingga menjadi bernilai gizi lebih baik. Enzim yang dihasilkan selama proses fermentasi ini diharapkan dapat memecah serat yang cukup tinggi yang ada di dalam onggok menjadi molekul karbohidrat yang lebih sederhana, sehingga meningkatkan jumlah energi yang dapat dimetabolisme oleh ternak.

Proses fermentasi tersebut meliputi : kulit singkong dicuci dengan air bersih untuk dihilangkan kotorannya yang menempel, setelah bersih ditiriskan dan dikeringkan dalam oven. Kulit singkong yang telah kering tersebut digiling berbentuk butiran kecil yang bertujuan untuk memperluas permukaan fermentasi. Kemudian dikukus dengan penambahan lebih dahulu air bersih pada kulit singkong giling. Pengukusan dilakukan selama 30 menit dihitung pada saat uap air mulai keluar dari permukaan atas kulit singkong yang dikukus, diangkat lalu didinginkan.

Substrat yang telah dingin tadi diberi urea dan garam mineral dengan perbandingan untuk seratus gram kulit singkong matang ditambah 3,125 gr $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 1,67 gr urea; 7,19 gr $\text{NaPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 2,08 gr MgSO_4 ; 0,63 gr KCl; 0,31 gr FeSO_4 ; dan 0,28 gr CaCl_2 (Cecep, 2009). Setelah urea dan mineral bercampur merata, lalu diinokulasikanlah spora jamur *Saccharomyces cerevisiae* pada substrat sebanyak 3 gr. Kemudian substrat yang telah diberi spora tersebut diletakkan pada wadah persegi empat yang memiliki tutup yang rapat untuk menghindari sampel terkontaminasi dari bakteri dari lingkungan luar. Fermentasi dilakukan pada ruangan bersuhu 30 – 35°C selama variasi waktu yang telah ditentukan yaitu 4, 6, dan 8 hari. Setelah selesai proses fermentasi, produk kemudian dianalisa kandungan karbohidrat, kadar air, dan asam sianida.

2.4.3 Faktor yang mempengaruhi Fermentasi

Faktor yang menentukan keberhasilan proses fermentasi adalah suhu pertumbuhan, ketebalan substrat, bentuk dan ukuran partikel, kelembaban, aerasi, dan jumlah mikroba dalam inokulum.

1. Air

Mikroba tidak akan tumbuh tanpa adanya air. Air bertindak sebagai pelarut dan sebagian besar aktivitas metabolik dalam sel dilakukan dalam lingkungan air. Air merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba dan kelangsungan proses fermentasi.

2. Konsentrasi Substrat dan Nutrien

Fardiaz (1989) menyatakan bahwa pertumbuhan kapang akan optimal jika nutrien yang diperlukan dan kondisi media sesuai. Semua mikroba memerlukan nutrien dasar untuk kehidupan dan pertumbuhannya yaitu sebagai sumber karbon, nitrogen, energi, serta faktor pertumbuhannya seperti vitamin dan mineral.

3. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan petunjuk aktivitas ion H dalam suatu larutan. Pada proses fermentasi, pH sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan mikroba, dan berhubungan erat dengan suhu. Menurut Fardiaz (1989), jika suhu naik, pH optimum untuk pertumbuhan juga naik. *Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh pada pH kurang lebih 4,8.

4. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam mempengaruhi pertumbuhan mikroba. Masing-masing mikroba mempunyai suhu optimum, minimum, dan maksimum untuk pertumbuhannya. Suhu akan berpengaruh terhadap ukuran sel, produk metabolik seperti pigmen dan toksin, kebutuhan zat gizi, reaksi enzimatik, dan komposisi kimia sel. *Saccharomyces cerevisiae* berspora dan tumbuh baik pada suhu 28-30 °C.

5. Dosis Inokulum

Dalam lingkungan tertentu, dosis inokulum yang digunakan menentukan panjang pendeknya waktu inkubasi untuk mendapatkan hasil fermentasi yang baik. Inokulum mengandung spora yang pada pertumbuhannya menghasilkan enzim yang dapat menguraikan substrat menjadi komponen yang lebih sederhana, lebih mudah larut serta menghasilkan flavour dan aroma yang khas. Jumlah spora yang terlalu sedikit akan memperlambat laju pertumbuhan sehingga memberikan kesempatan kepada mikroba lain yang mampu bersaing dengan

mikroba yang ada. Jumlah mikroba yang terlalu banyak akan menyebabkan sporulasi yang terlalu cepat sehingga sebagian energi tidak digunakan untuk memperbanyak sel.

6. Lama Inkubasi

Lama inkubasi berkaitan erat dengan waktu yang dapat digunakan oleh mikroba untuk tumbuh dan berkembang biak. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak kandungan zat yang digunakan kapang untuk hidupnya sehingga kandungan zat makanan yang tersisa semakin sedikit.

7. Bentuk dan ukuran partikel

Keseragaman partikel substrat akan mempermudah penyebaran spora yang diinokulasikan dalam substrat tersebut. Ukuran partikel yang terlalu kasar atau terlalu halus akan mempersulit aerasi.

8. Oksigen

Berdasarkan kemampuannya untuk mempergunakan oksigen bebas, mikroorganisme dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu: aerob apabila untuk pertumbuhannya mikroorganisme memerlukan oksigen, anaerob apabila mikroorganisme akan tumbuh dengan baik pada keadaan tanpa oksigen, dan fakultatif apabila dapat tumbuh dengan baik pada keadaan ada oksigen bebas maupun tidak ada oksigen bebas.

2.5 Kebutuhan Nutrisi bagi Ternak

Semua pakan mengandung zat – zat makanan yang dapat menjadi sumber energi, yakni protein, serat kasar, karbohidrat dan lemak. Dari ketiga sumber energi yaitu karbohidrat, lemak, protein, sebagian besar energi yang dibutuhkan ternak diperoleh dari karbohidrat. Hal ini dapat dipahami, sebab penggunaan lemak dalam jumlah banyak dapat menimbulkan efek negatif pada ternak. Sedangkan protein merupakan sumber energi yang mahal dibandingkan karbohidrat dan lemak.

1. Karbohidrat

Karbohidrat berguna sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas tubuh, sehingga ternak bisa berjalan, tahan terhadap dingin, penyakit dan lain-lain. Setelah dicerna, karbohidrat pada bahan makanan diserap oleh darah dalam bentuk glukosa. Karbohidrat ini langsung dioksidasi untuk menghasilkan energi atau disimpan sebagai cadangan lemak dalam tubuh. Penggunaan karbohidrat dapat mengefisienkan fungsi protein dengan menghemat penggunaan protein sebagai sumber energi.

2. Protein

Protein adalah komponen utama dalam jaringan tubuh unggas. Persentasinya di dalam tubuh unggas berada dalam posisi ke dua setelah air, yaitu berkisar antara 18–30 %. Adapun fungsi protein pada unggas adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai zat pembangun, protein berfungsi untuk memperbaiki kerusakan atau penyusutan jaringan (perbaternak dan pemeliharaan jaringan) dan untuk membangun jaringan baru (pertumbuhan dan pembentukan protein).
- b. Protein dapat menjadi sumber energi atau sebagai substrat penyusun jaringan karbohidrat dan lemak.
- c. Protein diperlukan dalam tubuh untuk penyusun hormon, enzim dan substansi biologis penting lainnya seperti antibodi dan hemoglobin.

3. Lemak

Fungsi zat lemak ialah sebagai sumber energi, seperti halnya karbohidrat, dan sebagai pelarut vitamin A, D, E dan K. Zat lemak sebagai sumber energi adalah sangat efisien karena energi lemak 2,25 lebih tinggi daripada karbohidrat. Tetapi kelebihan lemak yang terlampaui justru akan menimbulkan efek negatif; antara lain lemak yang tertimbun di sekitar ovarium akan mengganggu ovulasi. Sehingga produksi telur akan merosot, dan kelebihan ini akan sia-sia, sebab akan terbuang karena tidak bisa dicerna.

4. Mineral

Mineral merupakan bagian penting di dalam tubuh, 3-4%, antara lain terdapat di dalam kerangka, protoplasma, di dalam telur (10%). Unsur mineral yang masuk ke dalam tubuh ayam adalah dalam bentuk garam-garam mineral :

Ca, NaCl, Fe, Mg, dll. Fungsi utama mineral dalam tubuh unggas adalah sebagai berikut :

- a. Penyusun penting dalam struktur skeleton (tulang dan gigi) dan esoskeleton.
- b. Penting dalam pemeliharaan tekanan osmotik dan mengatur perubahan air dan larutan dalam tubuh unggas.
- c. Berguna sebagai penyusun struktur jaringan lunak unggas.
- d. Penting untuk transmisi impuls syaraf dan kontraksi otot.
- e. Berperanan vital di dalam keseimbangan asam-basa tubuh, dan mengatur pH darah dan cairan tubuh lainnya.
- f. Berguna sebagai komponen penting dari banyak enzim, vitamin, hormon, pigmen pernafasan atau sebagai kofaktor dalam metabolisme, katalis dan aktivator enzim.

5. Vitamin

Vitamin adalah zat organik yang esensial untuk pertumbuhan dan dibutuhkan dalam jumlah sangat sedikit. Fungsi umum dari vitamin adalah sebagai zat pengatur di dalam tubuh, untuk mempertahankan kesehatan tubuh, pertumbuhan dan reproduksi.

6. Air

Tubuh ayam mengandung air 55-75%. Air diperlukan tubuh untuk membantu pencernaan, metabolisme, dan proses-proses kimia lainnya sehingga ayam bisa tumbuh dan memproduksi dengan normal. Kurangan air selama 48 jam berturut-turut akan mengakibatkan kulit telur menjadi tipis, diikuti beberapa telur tanpa kulit. Akhirnya produksi telur berhenti sama sekali.