

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Singkong (Ubi Kayu)

2.1.1 Definisi

Singkong merupakan sumber karbohidrat bagi (tidak kurang) 300 juta orang yang bermukim di wilayah tropis, terhitung 8-10% kebutuhan kalori dipasok oleh singkong (Arisman, 2009). Singkong dijadikan makanan pokok nomor tiga setelah padi dan jagung di Indonesia (Rukmana, 1997). Perlakuan seperti pencucian, perendaman dan penjemuran pada singkong akan mengurangi jumlah kandungan HCN di singkong (Seveline, 2018). Singkong dapat diolah menjadi produk yang potensial, salah satunya pati modifikasi yakni *Modified Cassava Flour (Mocaf)*.

2.1.2 Kandungan di dalam Singkong (Ubi Kayu)

Komposisi ubi kayu mengandung kalori yang cukup tinggi, protein, beberapa mineral dan vitamin, dapat dilihat di Tabel 1 .

Tabel 1. Komposisi Singkong atau Ubi Kayu (per 100 gram bahan)

Komponen	Kadar
Kalori	146 kal
Air	62,5 g
Fosfor	40 mg
Karbohidrat	34,7 g
Kalsium	33 mg
Vitamin C	30 mg
Protein	1,2 g
Besi	0,7 mg
Lemak	0,3 g
Vitamin B1	0,06 mg
Mineral	1,3 g

Sumber :Direktorat Gizi, Depkes R.I.(1981)

2.2 Tepung Mocaf

Tepung *mocaf* adalah tepung singkong yang telah dimodifikasi dengan perlakuan fermentasi, sehingga dihasilkan tepung singkong dengan karakteristik

mirip terigu sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengganti terigu atau campuran terigu 30%-100% dan dapat menekan biaya konsumsi tepung terigu 20-30% (Salim, 2011). Tepung *mocaf* memiliki daya saing yang mempunyai *added value* tinggi dengan menggunakan prinsip bioteknologi teknik fermentasi BAL (Bakteri Asam Laktat). Teknologi ini terinspirasi oleh teknologi asli dari singkong dan *cassava sour starch* dari Brazil (Rofiq dan Subagio, 2009).

Prinsip pembuatan *mocaf* adalah dengan memodifikasi ubi kayu dengan mikroba. Mikroba yang tumbuh menghasilkan enzim yang dapat menghancurkan dinding sel singkong, sehingga terjadi perubahan granula pati. Mikroba tersebut juga menghasilkan enzim-enzim yang menghidrolisis pati menjadi gula dan selanjutnya mengubahnya menjadi asam-asam organik, terutama asam laktat. Hal ini menyebabkan karakteristik dari tepung yang dihasilkan berupa naiknya viskositas, daya rehidrasi, dan kemudahan melarut serta cita rasa *mocaf* menjadi netral dengan menutupi cita rasa singkong sampai 70% (Iqbal dkk, 2012).

Keunggulan *mocaf* antara lain yaitu, mempunyai kandungan serat terlarut lebih tinggi dibandingkan dengan tepung terigu, mempunyai kalsium lebih tinggi (58%) dibanding padi (6%), dan gandum (16%), mempunyai daya kembang yang setara dengan tepung gandum, serta mempunyai daya cerna yang tinggi dibandingkan dengan tapioka (Rofiq dan Subagio, 2009). Hasil uji coba menunjukkan tepung *mocaf* dapat digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan berbagai jenis produk seperti kue kering, kue basah, roti tawar, mie, bihun, dan lain-lain (Zulaidah, 2011). Perbandingan komposisi tepung *mocaf* dan tepung terigu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Komposisi Tepung *Mocaf* dan Tepung Terigu

Komposisi Kimia	Tepung <i>Mocaf</i>	Tepung Terigu
Air (%)	Max. 13	Max. 13
Protein (%)	Min. 1,2	Min. 1,2
Lemak (%)	0,4-0,8	0,85
Pati (%)	82-85	69,32
Serat (%)	1,9-3,4	0,4
Abu (%)	Max. 1,5	Max. 2

Sumber : Codex Stan 176-1989, 1997 dalam Rofiq dan Subagio, 2009.

Syarat mutu tepung *mocaf* sesuai SNI 7622:2011, dapat dilihat pada Tabel 3. Kadar asam laktat selama fermentasi singkong menjadi tepung *mocaf* maksimal 3% (Badan Standarisasi Nasional, SNI 01-2997-1996).

Tabel 3. Syarat Mutu Tepung *Mocaf*

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
1.1	Bentuk	-	Serbuk halus
1.2	Bau	-	Normal
1.3	Warna	-	Putih
2	Kehalusan		
2.1	Lolos ayakan 100 mesh (b/b)	%	Min. 90
2.2	Lolos ayakan 80 mesh (b/b)	%	100
3	Kadar Air (b/b)	%	Maks. 13
4	Abu (b/b)	%	Maks. 1,5
5	Serat kasar (b/b)	%	Maks. 2
6	Derajat putih (MgO = 100)	-	Min. 87
7	Derajat Asam	ml NaOH 1N / 100 g	Maks. 4
8	HCN	mg/kg	Maks. 10
9	<i>Escherichia coli</i>	APM/g	Maks. 10
10	<i>Bacillus cereus</i>	Koloni/g	< 1 x 10 ⁴
11	Kapang	Koloni/g	Maks. 1 x 10 ⁴

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (SNI 7622, 2011).

2.3 Fermentasi *Mocaf*

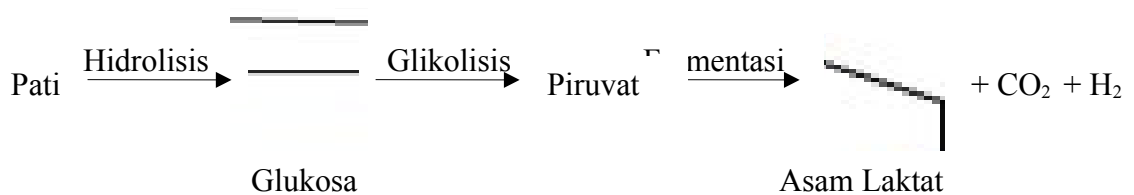
2.3.1 Definisi

Fermentasi atau peragian adalah suatu proses perubahan bentuk (deformasi) pada bahan-bahan organik hingga menjadi yang lebih sederhana yang diakibatkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme (Lies, 2005). Fermentasi juga menghasilkan senyawa volatil yang memberikan flavor unik pada produk. Proses fermentasi juga meningkatkan kadar protein dari 1,5% hingga 8,58% (Mutaqqin dkk, 2017). Fermentasi terbagi menjadi dua yaitu fermentasi *aerob* dan fermentasi *unaerob*. Fermentasi aerob adalah fermentasi yang dapat berlangsung dengan adanya udara. Sedangkan, fermentasi *unaerob* merupakan fermentasi yang dapat berlangsung tanpa adanya udara (Dopp, 1984).

Beberapa hal yang penting dalam pembuatan tepung *mocaf* adalah pada saat penambahan kultur mikroba pada saat akan dilakukan perendaman (fermentasi). Pembuatan tepung *mocaf* dapat dilakukan dengan fermentasi menggunakan bakteri, kapang maupun khamir (Gunawan, 2015 dalam Seveline, 2018). Bakteri asam laktat yang terimobilisasi juga telah dibuat sebagai starter kultur dalam pembuatan *mocaf* dan menghasilkan produk *mocaf* yang cukup memuaskan dan sesuai standar SNI (Loebis dan Meutia, 2012 dalam Seveline, 2018).

Bakteri asam laktat bersifat fakultatif anaerob, kisaran temperatur pertumbuhan biasanya 15°C-45°C sedangkan optimal pada suhu 30–37 °C dan pH 3–8 serta memerlukan sukrosa, glukosa dan fruktosa sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya. Bakteri asam laktat homofermentatif (*Lactobacillus sp*) mampu mengubah 95% glukosa menjadi asam laktat, CO₂, dan volatil pada media pertumbuhannya, sedang bakteri asam laktat heterofermentatif (*Leuconostoc mesenteroides*) hanya 90% (Barrow dan Weldham, 1993 dalam Zulaidah, 2011).

Menurut Subagio (2009) Mikroba yang tumbuh akan menghasilkan enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat menghancurkan dinding sel ubi kayu sedemikian rupa sehingga terjadi pembebasan granula pati. Mikroba tersebut juga menghasilkan enzim-enzim yang menghidrolisis pati menjadi gula dan selanjutnya mengubahnya menjadi asam-asam organik, terutama asam laktat serta membebaskan molekul air, dapat dilihat pada Gambar 1.



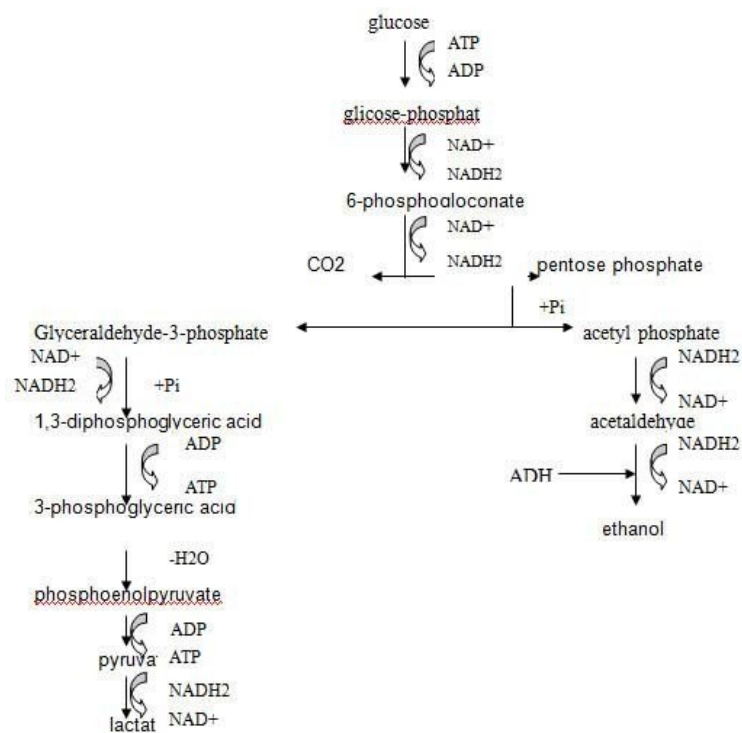
Sumber : Muhammad, 2015

Gambar 1. Reaksi Pembentukan Asam Laktat dari Pati Singkong

Pati adalah polisakarida yang dibentuk dari sejumlah molekul glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Pati merupakan salah satu bentuk utama dari karbohidrat dalam makanan, pati dapat disebut sebagai karbohidrat kompleks. Proses pemecahan pati dalam penelitian ini dapat dilakukan karena di dalam pati tersusun atas dua macam karbohidrat, amilosa dan amilopektin, dalam komposisi

yang berbeda-beda. Secara struktur amilosa pada pati mempunyai struktur lurus namun sebenarnya amilosa ini bersifat *helix* dan mengandung atom hidrogen dan oleh karenanya bersifat hidrofobik dan larut dalam minyak, sedangkan amilopektin memiliki banyak cabang sehingga memiliki sifat retrogradasi yaitu mampu mempertahankan sifat gel (Bastian, 2011 dalam Muhammad, 2015).

Amilosa dan amilopektin yang terkandung di dalam granula pati pada sampel dihubungkan dengan ikatan hidrogen. Oleh karena itu ikatan hidrogen tersebut dapat diputus dengan dilakukannya proses peningkatan temperatur. Energi panas tersebut akan memutuskan ikatan hidrogen tersebut dan menyebabkan air masuk kedalam granula pati tersebut. Air yang masuk tersebut akan membentuk ikatan hidrogen antara amilosa dan amilopektin. Meresapnya air akan menyebabkan pembengkakan pada granula pati dan granula pati tersebut akan pecah. Pecahnya granula pati ini akan menyebabkan amilosa dan amilopektin terdifusi keluar (Bastian, 2011 dalam Muhammad, 2015). Proses Glikolisis dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber : Murdani, 2015

Gambar 2. Reaksi Proses Glikolisis

Menurut Astriani (2014) menyebutkan bahwa BAL mampu menghasilkan enzim amilase dan pululanase sehingga bersifat amilolitik. BAL akan menghidrolisis sebagian pati alami menjadi gula sederhana ataupun oligosakarida lain. Selanjutnya BAL akan memfermentasi gula sederhana tersebut untuk metabolisme dan pertumbuhan BAL. Selain itu, pemanfaatan bakteri asam laktat juga bertujuan agar selama fermentasi, asam laktat dihasilkan secara alami dan mengakibatkan terjadinya linierisasi amilopektin.

- a. Sifat Fisik Glukosa (Fitria, 2014)
 - Berat molekul : 180,16 g/mol
 - Titik leleh : 146°C
 - Densitas : 1,544 g/cm³
- b. Sifat Kimia Glukosa (Chen and Chou, 1993 dalam Fitria, 2014)
 - Glukosa lebih mudah larut dalam air daripada sukrosa, selain itu glukosa juga larut dalam etanol dan eter.

Tahapan-tahapan pada reaksi glikolisis dan enzim yang bekerja pada reaksi glikolisis (Fardiaz, 1992) :

1. Tahap pertama, glukosa akan diubah menjadi glukosa 6-fosfat oleh enzim hexokinase. Tahap ini membutuhkan energi dari ATP (adenosin trifosfat). ATP yang telah melepaskan energi yang disimpannya akan berubah menjadi ADP.
2. Glukosa 6-fosfat akan diubah menjadi fruktosa 6-fosfat yang dikatalisis oleh enzim fosfohexosa isomerase.
3. Fruktosa 6-fosfat akan diubah menjadi fruktosa 1,6-bifosfat, reaksi ini dikatalisis oleh enzim fosfofruktokinase. Dalam reaksi ini dibutuhkan energi dari ATP.
4. Fruktosa 1,6-bifosfat (6 atom C) akan dipecah menjadi gliseraldehida 3-fosfat (3 atom C) dan dihidroksi aseton fosfat (3 atom C). Reaksi tersebut dikatalisis oleh enzim aldolase.
5. Satu molekul dihidroksi aseton fosfat yang terbentuk akan diubah menjadi gliseraldehida 3-fosfat oleh enzim triosa fosfat isomerase. Enzim tersebut bekerja bolak-balik, artinya dapat pula mengubah gliseraldehida 3-fosfat menjadi dihidroksi aseton fosfat.

6. Gliseraldehida 3-fosfat kemudian akan diubah menjadi 1,3-bifosfogliserat oleh enzim gliseraldehida 3-fosfat dehidrogenase. Pada reaksi ini akan terbentuk NADH.
7. 1,3 bifosfogliserat akan diubah menjadi 3-fosfogliserat oleh enzim fosfogliserat kinase. Pada reaksi ini akan dilepaskan energi dalam bentuk ATP.
8. 3-fosfogliserat akan diubah menjadi 2-fosfogliserat oleh enzim fosfogliserat mutase.
9. 2-fosfogliserat akan diubah menjadi fosfoenol piruvat oleh enzim enolase.
10. Fosfoenolpiruvat akan diubah menjadi piruvat yang dikatalisis oleh enzim piruvat kinase. Setelah itu terjadi dehidrogenase asam piruvat menjadi asam laktat.

Asam laktat merupakan asam karboksilat dengan rumus kimia $C_3H_6O_3$ atau $CH_3CHOHCOOH$ dan dengan nama sistematis asam 2-hidroksipropionat. Dalam larutan, asam laktat dapat kehilangan sebuah proton dari $COOH$ (gugus karboksil) menjadi ion laktat $CH_3CHOHCOO^-$. Terdapat dua isomer optik dari asam laktat karena atom karbon utamanya mengikat pada empat gugus yang berbeda. Isomer yang pertama disebut L(+)-asam laktat atau (S)-asam laktat dan yang kedua disebut D(-)-asam laktat atau (R)-asam laktat (Komaria, 2013). Asam laktat dihasilkan melalui glikolisis anaerob (pada manusia dan hewan) serta melalui fermentasi (pada mikroorganisme). Pada kedua proses tersebut, L- asam laktat diproduksi dari piruvat dengan bantuan enzim laktat dehidrogenase. Saat konversi piruvat menjadi L-asam laktat akan terjadi juga oksidasi satu molekul NADH menjadi NAD^+ , selanjutnya NAD^+ ini akan digunakan kembali dalam proses glikolisis sehingga proses tersebut dapat berlangsung terus menerus. Jenis mikroorganisme yang menghasilkan asam laktat adalah bakteri (*Lactobacillus*, *streptococcus* dan *Pediococcus*) dan jamur (*Rhizopus*) (Komaria, 2013 dalam Widyatmoko, 2015).

Fermentasi asam laktat berlangsung ditandai meningkatnya jumlah asam laktat yang diikuti dengan penurunan pH. Sifat bakteri laktat tumbuh pada pH 3-8 serta mampu memfermentasi monosakarida dan disakarida sehingga menghasilkan asam laktat. Bakteri asam laktat memfermentasi gula melalui jalur-

jalur yang berbeda sehingga dikenal sebagai homofermentatif dan heterofermentatif (Komaria, 2013 dalam Widyatmoko, 2015).

- a. Sifat Fisik Asam Laktat (Komaria, 2013 dalam Widyatmoko, 2015).
 - Bentuk : Cairan atau padatan (bubuk)
 - Titik didih : 82°C pada 0,5 mmHg dan 122°C pada 14 mmHg
 - $\Delta H^\circ C$: 1361 kJ/mol
 - C_p (20°C) : 190 J/mol/°C
 - Berat molekul : 90,08 gr/mol
- b. Sifat Kimia Asam Laktat (Perry and Green, 1999 dalam Fitria, 2014)
 - Larut dalam air dingin dan lebih larut dalam air daripada pelarut lainnya.

Selama fermentasi selain pembentukan asam laktat juga terbentuk gas seperti CO₂ dan H₂.

1. Sifat Fisik dan Kimia CO₂
 - a. Sifat Fisik CO₂ (Perry, 1997 dalam Febryanti, 2014)
 - Berat molekul : 44,01 gram/mol
 - Densitas : 1,98 x 10⁻³ gram/ml (pada 1 atm dan 0°C)
 - Titik leleh : -55,6 °C (pada tekanan 5,2 atm)
 - Titik didih : -78,5 °C
 - b. Sifat Kimia CO₂ (Perry, 1997 dalam Febryanti, 2014)
 - Karbon monoksida bereaksi dengan hidrogen menghasilkan gas metana.
2. Sifat Fisik dan Kimia H₂
 - a. Sifat Fisik H₂ (Perry, 1997 dalam Febryanti, 2014)
 - Berat molekul : 2,016 gr/mol
 - Densitas : 8,97 x 10⁻⁵ gram/ml (pada 1 atm dan 0°C)
 - Titik leleh : -259,1 °C
 - Titik didih : -252,7 °C
 - b. Sifat Kimia H₂ (Vogel, 1985 dalam Febryanti, 2014)
 - Hidrogen dapat digunakan sebagai potensial standart oksidasi-reduksi pada temperatur 25 °C sebesar 0 volt.

2.3.2 Faktor-Faktor Fermentasi

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi yaitu :

1. Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan salah satu parameter kritis lingkungan yang mempengaruhi total Bakteri Asam Laktat dalam medium fermentasi, total asam laktat dan total ekspolisakarida kasar yang dihasilkan. Setiap mikroorganisme mempunyai pH optimal untuk pertumbuhannya. Selama fermentasi pH mempunyai kecenderungan berubah oleh beberapa sebab seperti temperatur. Pengukuran pH dapat dilakukan dengan kertas lakmus atau pH meter. Bakteri asam laktat memiliki pH optimal yaitu 3-8 (Barrow dan Weldham, 1993 dalam Zulaidah, 2011).

2. Temperatur

Temperatur merupakan hal yang sangat berpengaruh sekali terhadap proses fermentasi, jika diluar dari temperatur optimal proses fermentasi bisa menyebabkan kegagalan dengan kata lain kematian mikroorganisme. Masing-masing mikroorganisme dapat tumbuh pada suhu 20-30°C. Mikroorganisme yang kecepatan pertumbuhannya kisaran -15 hingga 20°C disebut Psikrofil atau Kriofil. Mikroorganisme yang menyukai tumbuh pada suhu sedang (37-40°C) suhu tubuh manusia disebut Mesofil. Mikroba yang menyukai panas hidup pada kisaran suhu yang relative tinggi bagi makhluk hidup, yaitu 40-80°C disebut Termofil. Bakteri asam laktat kisaran temperatur pertumbuhan biasanya 15-45 °C sedangkan optimal pada suhu 30–37°C (Gozan, 2015).

3. Waktu Fermentasi

Umumnya waktu yang digunakan untuk proses fermentasi adalah sekitar 1 sampai 6 hari. Tergantung dari jumlah mikroba yang digunakan, kondisi operasi dan konsentrasi substrat. Adanya gangguan pada kondisi operasi seperti pH dan kandungan oksigen dapat menghambat proses fermentasi (Winarno dkk, 1986 dalam Muin 2015).

4. Konsentrasi Starter

Konsentrasi starter juga menjadi faktor fermentasi yang baik. Konsentrasi konsentrasi yang dipakai sedikit maka proses fermentasi terlalu lama semakin tinggi akan meningkatkan kadar asam, sehingga terjadi perombakan glukosa menjadi asam laktat yang meningkat dengan adanya kadar asam. Kadar asam laktat yang telah terbentuk tersebut menyebabkan penurunan pH (Prasetyo, 2010).

Penambahan konsentrasi starter bakteri asam laktat dapat mempercepat proses hidrolisis pati, dengan adanya hidrolisis pati yang cepat, maka akan dihasilkan glukosa dengan waktu yang lebih singkat, selanjutnya glukosa akan diubah menjadi piruvat dengan membebaskan molekul air yang menyebabkan tekstur lebih cepat empuk (Khasanah dan Prima, 2014).

5. Oksigen

Mikroorganisme dapat diklasifikasikan menjadi tiga berdasarkan kemampuan untuk mempergunakan oksigen bebas. Pertama, pertumbuhan mikroorganisme memerlukan oksigen disebut aerob. Kedua, pertumbuhan mikroorganisme tumbuh dengan baik tanpa oksigen disebut anaerob. Ketiga, mikroorganisme hidup dapat tumbuh dengan baik pada keadaan ada atau tidaknya oksigen bebas disebut fakultatif anaerob (Prasetyo, 2010).

2.3.3 Starter BIMO-CF

Starter untuk pembuatan tepung *mocaf* tersebut yaitu Bimo-CF (*Biological Modified Cassava Flour*). Starter Bimo-CF adalah bibit untuk fermentasi kasava pada proses pembuatan tepung kasava termodifikasi secara biologi. Starter Bimo-CF terdiri dari bahan pembawa dan bahan aktif Bakteri Asam Laktat. Starter Bimo-CF dibuat dari bahan baku pembawa berupa tepung ditambahkan bahan pengaya nutrisi konsentrasi tertentu untuk meningkatkan efektivitas dan stabilitas bakteri asam laktat. Selain itu starter Bimo-CF dapat menghasilkan tepung dengan warna yang lebih putih, menghilangkan rasa pahit dan menghilangkan aroma singkong tersebut. Dosis 1 kg starter Bimo-CF untuk 10 ton singkong kupas dengan proses fermentasi cukup singkat hanya sekitar 12 jam (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasaca Panen, 2009).

Keunggulan dari starter BIMO-CF ini yaitu (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasaca Panen, 2009) :

1. Bibit terdiri dalam satu kemasan.
2. Pemanfaatan mudah dan praktis.
3. Langsung dapat digunakan, tidak perlu preparasi.
4. Proses fermentasi lebih cepat (6-12 jam).
5. Dapat menurunkan kadar HCN.

2.4 Fermentor

2.4.1 Definisi

Bioreaktor dalam pengertian peralatan teknik adalah peralatan reaksi teknik kimia. Reaktor ini juga disebut fermentor. Fermentor ini yang mana diciptakan secara teknis kondisi-kondisi pertumbuhan yang optimal untuk pembiakan dan pengembangan mikroorganisme (Dopp, 1984). Fermentor dilengkapi dengan peralatan mekanik dan elektrik, bahkan diantaranya dilengkapi dengan sistem kontrol yang berguna untuk mengontrol faktor-faktor yang berpengaruh terhadap fermentasi (Satiawihardja, 1983). Fermentor berfungsi sebagai suatu tempat yang menyediakan lingkungan yang tepat dan dapat dipantau untuk pertumbuhan dan aktivitas mikroba atau kultur campuran tertentu untuk menghasilkan produk yang diinginkan (Erlisa, 2017).

Kondisi-kondisi pertumbuhan yang diperlukan oleh mikroorganisme menentukan jenis bioreaktor (fermentor), yaitu (Dopp, 1984):

1. pembiakan mikroorganisme yang steril, untuk ini termasuk kemudahan pengisian fermentor dengan larutan yang bebas dari kecambah-kecambah asing serta injeksi yang steril dengan kultur mikroorganisme.
2. Mempertahankan kondisi-kondisi yang diperlukan selama pertumbuhan, seperti temperatur dan nilai pH.
3. Pemberian udara pada larutan kultur, artinya pengaluran oksigen udara yang cukup. Fermentasi yang terjadi adalah fermentasi aerobik.
4. Penghentian pertumbuhan dan pengambilan hasil, termasuk di sini pengosongan fermentor dan pengolahan selanjutnya menjadi produk akhir yang diinginkan.

2.4.2 Jenis Fermentor

Ada beberapa tipe fermentor (bioreaktor) secara operasi yaitu bioreaktor *batch*, bioreaktor *fed batch* dan bioreaktor *fed batch* (Istianah dkk, 2018) :

1. Bioreaktor *Batch*

Bioreaktor *batch* merupakan bioreaktor dengan sistem operasinya berjalan hanya satu kali proses tanpa adanya penambahan nutrisi selama proses

berlangsung. Bioreaktor *batch* ini biasanya dilengkapi dengan sebuah pengaduk atau agitator untuk mengaduk *broth* agar konsentrasi sel dapat terdistribusi secara merata. Prinsip kerja pada bioreaktor *batch* ini adalah proses fermentasi yang tergantung pada waktu atau lama proses. Adapun jumlah cairan atau bahan yang difermentasi tidak terlalu berpengaruh dibandingkan konsentrasi substrat. Selama proses fermentasi substrat akan mengalami perubahan kimiawi melalui proses metabolisme oleh mikroba. Mikroba yang akan mengkonversi substrat menjadi bentuk lain yang disebut produk. Jenis fermentasi ini umumnya dilakukan pada kondisi semi padat (*submerged*) atau cair. Adapun contoh produk yang menggunakan bioreaktor *batch* yaitu pembuatan bioetanol dari nira dan fermentasi singkong dalam pembuatan tepung *mocaf*. Bioreaktor *batch* dapat dilihat pada Gambar 3.



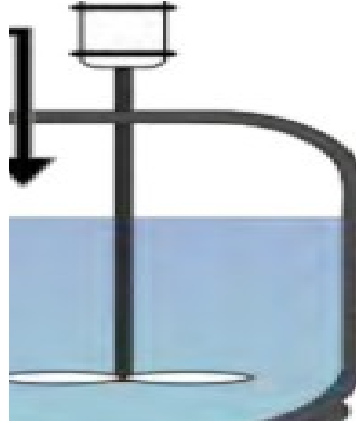
Sumber : Istianah, 2018

Gambar 3. Bioreaktor *Batch*

2. Bioreaktor *Fed Batch*

Bioreaktor *fed batch* merupakan bioreaktor dengan system operasinya yaitu berjalan hanya satu kali proses tetapi dilakukan penambahan nutrisi selama proses berlangsung. Hal ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi lebih baik. Bentuk dari *fed batch* ini hampir sama dengan bioreaktor *batch* yang dilengkapi dengan pengaduk. Laju alir media yang ditambahkan dalam setiap waktunya merupakan faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan proses fermentasi pada metode *fed batch* ini. Hal ini dikarenakan pemberian nutrisi dilakukan secara

berkala. Laju alir nutrisi yang lambat menyebabkan mikroba kekurangan makanan dan begitupun sebaliknya. Bioreaktor *fed batch* dapat dilihat pada Gambar 4.

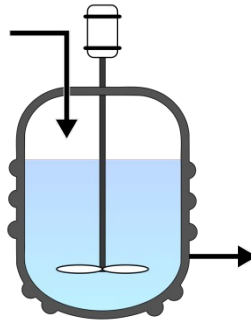


Sumber : Istianah dkk, 2018

Gambar 4. Bioreaktor *Fed Batch*

3. *Continue Stirred Tank Reactor* (CSTR)

Bioreaktor CSTR merupakan salah satu jenis reaktor yang memiliki sistem operasi kontinyu. Proses di dalam bioreaktor ini berjalan terus menerus selama proses. Bioreaktor ini berlaku kesetimbangan massa, massa masuk akan bernilai sama dengan massa keluar. Faktor penentu bioreaktor CSTR adalah laju aliran dan kecepatan putar pengaduk. Laju aliran umpan atau bahan masuk sangat erat berkaitan dengan waktu tinggal proses (*resident time*). Waktu tinggal adalah lamanya campuran substrat atau *bulk* fermentasi berada dalam reaktor. Pada saat *bulk* berada dalam bioreaktor substrat akan kontak dengan mikroba sehingga terjadi proses fermentasi. Jika waktu tinggalnya sangat sedikit maka proses fermentasi tidak sempurna sehingga konversi substrat menjadi rendah. Bioreaktor CSTR dapat dilihat pada Gambar 5.



Sumber : Istianah dkk, 2018

Gambar 5. Bioreaktor CSTR

Fermentor dengan ukuran kecil (1-30 liter) dapat menggunakan bahan dari kaca, aluminium, dan *stainless steel* (Riadi, 2013) :

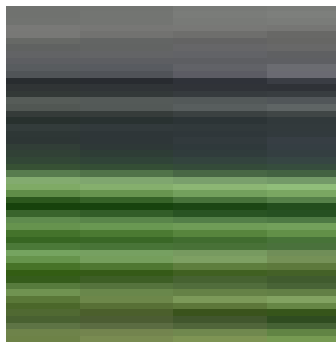
1. *Stainless steel* adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% kromium (Cr) untuk mencegah proses korosi atau pengkaratan logam. Salah satu bahan yang bagus digunakan untuk membuat fermentor yaitu *stainless steel 304*. *Stainless steel 304* merupakan material dengan mutu sangat baik sebagai peralatan rumah tangga ataupun peralatan industri makanan. *Stainless steel* sering digunakan oleh perusahaan besar misalnya, untuk *food pan*, *grease trap*, *streamer*, *gas oven burner* dan lain-lain (PT. Surya Logam, 2016). Kekurangan dari bahan ini yaitu biaya yang sangat mahal dari bahan lainnya. Biasanya fermentor ini digunakan untuk pembuatan *wine* (minuman alkohol). Fermentor berbahan *stainless steel* lihat pada Gambar 6.



Sumber: Bogor Kimia, 2017

Gambar 6. Fermentor berbahan *Stainless Steel*

2. Kaca memiliki permukaan yang halus, tidak beracun dan tidak korosif. Fermentor berbahan kaca ini biasanya dipakai untuk skala Laboratorium tetapi rentan pecah (Riadi,2013).
3. Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Perkembangan ini didasarkan pada sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi, kekuatan dan *ductility* yang cukup baik, mudah diproduksi dan cukup ekonomis (aluminium daur ulang). Aluminium memiliki sifat pasivasi yaitu pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap udara sehingga lapisan dalam logam dari korosi. Aluminium lebih murah dari pada *stainless stell* (Emira dkk, 2016). Penelitian yang telah dilakukan oleh Nurina, dkk (2013) yaitu fermentor menggunakan aluminium dengan sistem pengendalian temperatur untuk produksi biogas. Kekurangan fermentor jenis ini tidak tahan terhadap kondisi terlalu asam jika dipakai terlalu lama. Contoh fermentor aluminium lihat pada Gambar 7.



Sumber: Nurina dkk, 2013

Gambar 7. Fermentor berbahan Aluminium

4. Plastik tahan panas. Penelitian yang telah dilakukan oleh Widiyartanti dan Totok (2013) yaitu fermentor *batch* untuk produksi biogas bahan dasar drum plastik tahan terhadap kondisi asam dan biaya juga murah. Contoh fermentor plastik lihat pada Gambar 8.



Sumber: Widiyartanti dan Totok, 2013
Gambar 8. Fermentor berbahan Plastik

2.5 Heater / Pemanas

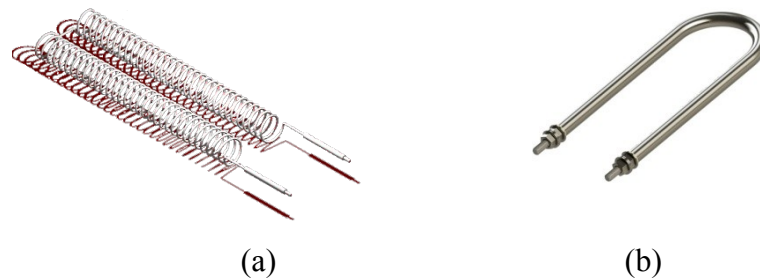
Heater adalah peralatan proses yang berguna untuk menaikkan temperatur suatu material. Berdasarkan fungsinya, *heater* dikelompokkan menjadi (Usro, 2009 dalam Azalia, 2016) :

1. *Heater* untuk memanaskan atau menguapkan bahan (misalnya *heater* untuk *reboiler*).
2. *Heater* untuk memberikan panas reaksi pada *feed reactor*.
3. *Heater* untuk memanaskan material yang akan diubah bentuk fisiknya.

Heater mempunyai banyak jenis yaitu *heater* untuk gas, bahan bakar minyak dan untuk listrik. *Heater* untuk listrik lebih sering ditemui di dalam rumah tangga maupun di industri, karena penggunaan yang lebih ramah lingkungan.

Ada dua macam jenis utama elemen pemanas listrik, yaitu (Usro, 2009 dalam Azalia, 2016):

1. Elemen pemanas listrik bentuk dasar yaitu elemen pemanas, dimana *resistance wire* hanya dilapisi oleh isolator untuk listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah *ceramic heater*, *silica* dan *quartz heater*.
2. Elemen pemanas listrik bentuk lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah *mild steel*, *stainless steel*, tembaga dan kuningan. Contoh *heater* jenis ini adalah *tubuler heater*, dapat dilihat pada Gambar 9.



Sumber: (Usro, 2009 dalam Azalia, 2016)
Gambar 9. Elemen Pemanas Listrik (a) *Coil Heater* dan (b) *Tubular Heater*

2.6 Uji Karakteristik Tepung *Mocaf*

2.6.1 Kadar Protein

Ubi kayu memang memiliki kadar protein yang relatif kecil. Kadar protein tertinggi terdapat pada tepung *mocaf* varietas Mentega yaitu sebesar 3.40% dan yang terendah yaitu varietas Perelek sebesar 1.25%. Kadar protein ubi kayu segar memang lebih kecil bila dibandingkan dengan kadar protein pada tepung *mocaf*. Selama fermentasi oleh bakteri asam laktat menghasilkan enzim proteinase. Proteinase akan menghidrolisis protein menjadi peptida yang sederhana. Adanya kenaikan kadar protein diperoleh dari aktivitas enzim protease yang dihasilkan oleh mikroba yang ada dalam proses fermentasi (Tandrianto dkk, 2014).

Penerapan jumlah protein dalam bahan makanan umumnya berdasarkan penerapan empiris (tidak langsung), yaitu melalui penentuan kandungan N yang ada dalam bahan. Cara penentuan dikembangkan oleh Kjeldahl, seorang ahli kimia Denmark pada tahun 1883. Kadar protein yang ditentukan berdasarkan cara ini disebut kadar protein kasar atau *crude protein* (Tandrianto dkk, 2014).

Persen protein dihitung dengan menggunakan rumus (Munthe, 2016):

$$\%N = \frac{(V_{HCL} - V_{blanko}) \times N_{HCL} \times 14,008}{mg\ sampel} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

$$\% Protein = 6,25 \times \% N \dots\dots\dots(2)$$

2.6.2 Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu titik kritis pada tepung *mocaf* karena bila kadar air melebihi 13 % dapat mempersingkat umur simpan dari tepung *mocaf*

tersebut (SNI 7622:2011), karena merupakan kondisi ideal untuk tumbuhnya mikroba. Proses pengeringan *chip/stik* ubi kayu dilakukan dengan menggunakan sinar matahari ataupun alat pengering. *Chip/stik* ubi kayu dianggap kering jika *chip/stik* mudah untuk dipatahkan dan bersifat *crunchy* (Sri, 2016)

Menghitung kadar air dengan persamaan sebagai berikut (SNI 7622:2011) :

$$\text{Kadar air (\%)} = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \right) \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan

W_0 = Berat cawan dan tutupnya setelah dipanaskan dalam Oven

W_1 = Berat Sampel + Cawan yang ditutup

W_2 = Berat sampel + Cawan yang ditutup telah dikeringkan

2.6.3 Kadar Asam Laktat

Kadar asam laktat dalam kultur BAL diukur menggunakan metode titrasi dengan NaOH 0,1 N sebagai titrannya. Kadar asam laktat (%) dihitung dengan rumus (Septiani dkk, 2013):

$$\% \text{ Asam Laktat} = \frac{\text{Vol. NaOH titrasi} \times \text{BM Asam Laktat} \times \text{normalitas NaOH}}{\text{Vol. kultur yang dititrasi} \times 100} \times 100 \dots\dots(4)$$

Keterangan :

Berat Molekul Asam Laktat = 90 gr/ekiv

2.7 Uji Organoleptik

Pengujian organoleptik atau sensor merupakan cara pengujian menggunakan indera manusia sebagai alat utama untuk menilai mutu produk. Penilaian menggunakan alat indera ini meliputi spesifikasi mutu kenampakan, bau, rasa, dan konsistensi/ tekstur serta beberapa faktor lain yang diperlukan untuk menilai produk tersebut. Penilaian mutu produk ini biasanya dilakukan oleh 10 orang atau lebih (BSN, 2006).

Ada tiga cara uji organoleptik yaitu (BSN, 2006) :

1. Uji deskripsi (*descriptive test*) : metode uji yang digunakan untuk mengidentifikasi spesifikasi organoleptik / sensori suatu produk dalam bentuk uraian pada lembar penilaian.
2. Uji hedonik (*hedonic test*) : metode uji yang digunakan untuk mengukur tingkat kesukaan terhadap produk dengan menggunakan lembar penilaian. Jumlah tingkat kesukaan bervariasi tergantung dari rentangan mutu yang ditentukan. Penilaian dapat diubah dalam bentuk angka dan selanjutnya dapat dianalisis secara statistik untuk penarikan kesimpulan
3. Uji skor (*scoring test*) : metode uji dalam menentukan tingkatan mutu berdasarkan skala angka 1 (satu) sebagai nilai terendah dan angka 9 (sembilan) sebagai nilai tertinggi dengan menggunakan lembar penilaian