

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Singkong (Ubi Kayu)

Singkong atau ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz*) merupakan salah satu sumber karbohidrat lokal Indonesia yang menduduki urutan ketiga terbesar setelah padi dan jagung. Berdasarkan data BPS, produksi ubi kayu Indonesia tahun 2015 mencapai 21.801.415 ton/tahun (BPS, 2015). Singkong segar mempunyai komposisi kimiawi terdiri dari kadar air sekitar 60%, pati 35%, serat kasar 2,5%, kadar protein 1%, kadar lemak, 0,5% dan kadar abu 1%, karenanya merupakan sumber karbohidrat dan serat makanan, namun sedikit kandungan zat gizi seperti protein (Zarkasie dkk., 2017). Singkong mengandung kalori yang cukup tinggi, protein, beberapa mineral dan vitamin yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Komposisi Singkong atau Ubi Kayu

| Komponen            | Kadar (per 100 gram bahan) |
|---------------------|----------------------------|
| Kalori              | 146 kal                    |
| Air                 | 62,5 g                     |
| Fosfor              | 40 mg                      |
| Karbohidrat         | 34 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                    |
| Berat dapat dimakan | 75 %                       |

Sumber : Sutrisno, 2013

Tanaman ini merupakan bahan baku yang paling potensial untuk dikembangkan menjadi komoditas industri pangan berbasis karbohidrat. Upaya pendayagunaan ubi kayu sebagai penyangga ketahanan pangan adalah dengan mengembangkan produk turunan tepung ubi kayu, yaitu tepung mocaf (*Modified Cassava Flour*). Ubi kayu dapat dimodifikasi menjadi tepung ubi kayu sehingga mempunyai sifat yang setara dengan tepung terigu. Modifikasi dimaksudkan sebagai perubahan struktur molekul singkong yang dapat dilakukan secara kimia, fisik maupun enzimatis.

## 2.2 Tepung Mocaf

Tepung Mocaf (*Modified Cassava Flour*) merupakan produk tepung singkong yang diproses menggunakan prinsip memodifikasi sel singkong dengan cara fermentasi. Proses produksi MOCAF meliputi beberapa tahapan proses antara lain proses pengupasan, pencucian, pengecilan ukuran, fermentasi, pengeringan dan penepungan, serta pengayakan (Putri, 2018).

Prinsip pembuatan MOCAF adalah dengan memodifikasi ubi kayu dengan mikrobia. Mikrobia yang tumbuh menghasilkan enzim pektinolitik yang dapat menghancurkan dinding sel singkong, sehingga terjadi perubahan granula pati. Mikroba tersebut juga menghasilkan enzim selulolitik yang dapat menghidrolisis pati menjadi gula dan selanjutnya mengubahnya menjadi asam-asam organik, terutama asam laktat. Hal ini menyebabkan perubahan karakteristik dari tepung yang dihasilkan seperti naiknya kadar protein, viskositas, daya rehidrasi, dan kemudahan melarut, serta cita rasa MOCAF menjadi netral dengan menutupi cita rasa singkong sampai 70% (Nusa dkk., 2012). Badan Standardisasi Nasional menyatakan syarat mutu tepung mocaf dalam SNI 7622-2011 seperti pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. 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<br>/ 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 <sup>4</sup>     |
| 11  | Kapang                      | Koloni/g              | Maks. 1 x 10 <sup>4</sup> |

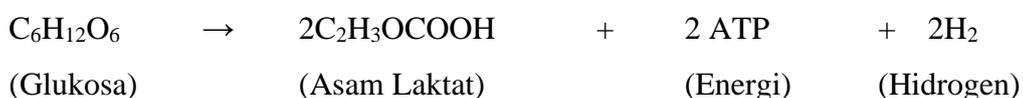
Sumber : SNI 7622, 2011

### 2.3 Fermentasi

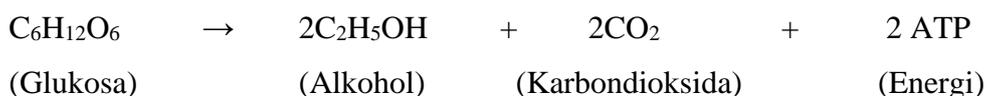
Fermentasi berasal dari kata *ferment* yang berarti enzim, sehingga fermentasi dapat diartikan sebagai peristiwa atau proses berdasarkan atas kerja enzim (Said, 1987). Fermentasi merupakan suatu cara untuk mengubah substrat menjadi produk tertentu yang dikehendaki dengan menggunakan bantuan mikroba. Mikroba yang umumnya terlibat dalam fermentasi adalah bakteri, khamir dan kapang. Prinsip dasar fermentasi adalah mengaktifkan kegiatan mikroba tertentu untuk tujuan mengubah sifat bahan agar dapat dihasilkan suatu produk yang bermanfaat. Hasil-hasil fermentasi terutama tergantung pada jenis substrat, macam mikroba dan kondisi di sekelilingnya yang mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme mikroba tersebut. (Winarno dkk., 1980).

Dalam bahasan penelitian ini, proses fermentasi merupakan tahapan yang penting, yang tidak dilakukan pada proses pembuatan tepung ubi kayu (tapioka). Proses fermentasi dilakukan dengan menambahkan starter MOCAF dan air dengan perbandingan 1:1000 (Putri, 2018). Fermentasi adalah salah satu metode yang dapat mengurangi glukosida sianorganik pada singkong. Fermentasi juga menghasilkan senyawa volatil yang memberikan flavor unik pada produk tepung mocaf. Proses fermentasi juga dapat meningkatkan kadar protein singkong dari 1,2 % hingga 8.58%. Penerapan metode fermentasi yang banyak digunakan diantaranya adalah fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat. Fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat (glikolisis) memiliki perbedaan dalam produk akhir yang dihasilkan. Produk akhir fermentasi alkohol berupa etanol dan CO<sub>2</sub>, sedangkan produk akhir glikolisis berupa asam laktat (Zarkasie dkk., 2017) :

- Glikolisis:



- Fermentasi Alkohol :



Secara sederhana, adanya gas yang terbentuk ditunjukkan dengan adanya gelembung-gelembung dalam larutan. Untuk menguji gas, kita bisa saja melakukannya dengan menghirup baunya, tapi cara ini tidak selalu dianjurkan karena ada beberapa gas yang berbau mirip (bahkan tidak berbau) sehingga membuat keraguan dalam identifikasi dan ada gas lain yang diketahui beracun. Dalam reaksi fermentasi, gas yang dihasilkan adalah CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> dimana untuk mengidentifikasi keberadaan gas tersebut, perlu juga diketahui sifat fisik dan kimianya sebagai berikut :

a. Sifat fisik Karbon dioksida (Perry, 1997) :

- Berat molekul : 44,01 gr/mol
- Densitas :  $1,98 \times 10^{-3}$  gr/ml (pada 1 atm dan 0°C)
- Titik leleh : -55,6°C (pada tekanan 5,2 atm)
- Titik didih : -78,5°C
- Warna : Tidak berwarna
- Bau : Sedikit berbau tajam
- Suhu kritis : 31,01°C
- Tekanan kritis : 73,825 bar

Sifat kimia karbon dioksida (Vogel, 1985) :

- Tidak dapat terbakar.
- Agak bersifat asam.
- Karbon dioksida bereaksi dengan natrium hidroksida membentuk natrium karbonat.

### **Uji Pengenalan Gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Gas yang dihasilkan dialirkan dengan selang ke dalam wadah berisi air kapur (Ca(OH)<sub>2</sub>, kalsium hidroksida). Jika gas yang dihasilkan benar gas CO<sub>2</sub>, maka akan terbentuk endapan putih kalsium karbonat dan air akan berubah menjadi lebih keruh.

b. Sifat fisik Hidrogen (Perry, 1997) :

- Berat molekul : 2,016 gr/mol
- Warna : tidak berwarna
- Bau : tidak berbau
- Densitas : 0,08988 g/cm<sup>3</sup> pada 293 K
- Kapasitas panas : 14,304 J/g.K
- Titik leleh : -259,1 °C
- Titik didih : -252,7 °C

Sifat kimia Hidrogen (Vogel, 1985) :

- Pada suhu tinggi H<sub>2</sub> bereaksi dengan unsur-unsur nonlogam dan unsur-unsur logam membentuk suatu hidrida.
- H<sub>2</sub> merupakan reduktor untuk menghilangkan oksigen dari oksida logam, contohnya reaksi penghilangan oksigen pada tembaga oksida :  

$$\text{CuO (s)} + \text{H}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{Cu (s)} + \text{H}_2\text{O (l)}$$
- H<sub>2</sub> bereaksi dengan O<sub>2</sub> bila terdapat nyala api atau bunga api listrik :  

$$\text{H}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O (g)} + \text{energi}$$

### Uji Pengenalan Gas Hidrogen (H<sub>2</sub>)

Bila sebatang korek api menyala didekatkan pada mulut tabung berisi hidrogen maka terjadi letupan akibat terjadinya reaksi diatas. Cara ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya gas hidrogen.

#### 2.3.1 Faktor yang Mempengaruhi Proses Fermentasi

Keberhasilan proses fermentasi sangat dipengaruhi oleh keberhasilan dalam mengoptimalkan faktor-faktor dari pertumbuhan mikroba yang diinginkan. Faktor-faktor tersebut akan memberikan kondisi yang berbeda untuk setiap mikroba sesuai dengan lingkungan hidupnya masing-masing sehingga mempengaruhi kinetika fermentasinya (Sharah dkk., 2015). Beberapa faktor tersebut diantaranya sebagai berikut :

1. Lama Fermentasi (waktu)

Waktu fermentasi merupakan salah satu faktor penting yang perlu dipertimbangkan. Penambahan waktu fermentasi akan memberikan kesempatan mikrobia, enzim atau asam bekerja sehingga proses hidrolisis terus berlangsung. Periode fermentasi yang semakin panjang memungkinkan mikrobia terus menghidrolisis pati bahan sehingga gula sederhana yang terbentuk semakin banyak (Susanto, 2017).

2. Jumlah starter

Jika jumlah starter yang digunakan terlalu sedikit maka proses fermentasi akan berjalan lama, akan tetapi jika jumlah starter yang digunakan terlalu banyak justru menghambat mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi dan mikroorganisme pembusuk akan tumbuh, dan produk menjadi busuk pula (Astawan dan Mita, 1991)

3. Jenis bahan (substrat)

Substrat sebagai sumber energi yang diperlukan oleh mikroba pemulai fermentasi (starter) untuk mengawali kelangsungan fermentasi. Energi yang dibutuhkan berasal dari karbohidrat, protein, lemak, mineral dan zat gizi lainnya yang terdapat dalam substrat. Bahan energi yang banyak digunakan oleh mikroorganisme adalah glukosa. Mikroba dalam fermentasi harus mampu tumbuh pada substrat dan mudah beradaptasi dengan lingkungannya. (Astawan dan Mita, 1991).

4. Suhu

Suhu selama proses fermentasi sangat mempengaruhi kecepatan reaksi-reaksi kimia hayati di dalam tubuh mikroorganismenya dan juga ketahanan struktur mikroba tersebut. Dengan peningkatan suhu, tingkat pertumbuhan mikroba akan meningkat. Tetapi karena enzim memiliki daerah kerja yang terbatas, maka peningkatan suhu melebihi kurva optimalnya akan menyebabkan pertumbuhan akan berkurang drastis, bahkan berhenti (Gozan, 2015). Meskipun memiliki kekhususan tertentu, masing-masing mikroorganisme dapat tumbuh pada suhu-suhu yang berbeda. Mikroorganisme yang kecepatan pertumbuhannya di bawah 20°C disebut psikrofilik, yang di antara 30-35°C disebut mesofilik, dan di atas 50°C disebut termofilik (Said, 1987).

## 5. Oksigen

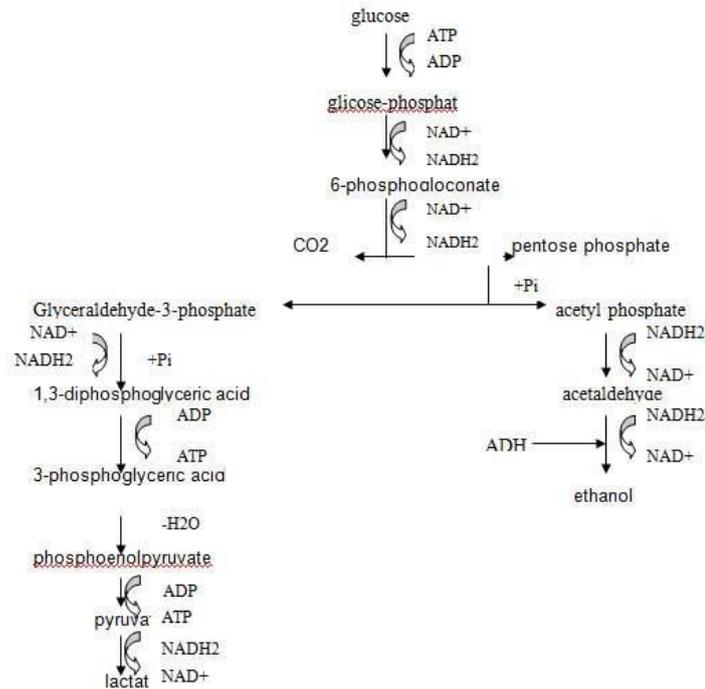
Ketersediaan oksigen harus diatur selama proses fermentasi. Hal ini berhubungan dengan sifat mikroorganisme yang digunakan. Contoh khamir dalam pembuatan anggur dan roti biasanya membutuhkan oksigen selama proses fermentasi berlangsung, sedangkan untuk bakteri-bakteri penghasil asam tidak membutuhkan oksigen selama proses fermentasi berlangsung (Fardiaz, 1992). Adapun bakteri yang bahkan bisa hidup baik dengan adanya oksigen ataupun tanpa oksigen, bakteri ini disebut bakteri fakultatif anaerob.

## 6. pH

pH medium merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan pembentukan produk fermentasi. Kebanyakan mikroba berfungsi pada kisaran pH 3-4. Karena pH sangat penting maka dalam fermentasi parameter ini terus menerus dikontrol oleh suatu cairan penyangga (*buffer*) atau suatu sistem kontrol pH tertentu (Said, 1987).

### 2.3.2 Bakteri Asam Laktat

Bakteri Asam Laktat (BAL) adalah salah satu bakteri penting yang berperan dalam proses produksi makanan fermentasi dan beberapa bakteri ini mampu menghambat pertumbuhan varietas bakteri pembusuk dan patogen. BAL dapat dimanfaatkan sebagai starter dalam proses fermentasi dan termasuk bakteri yang menguntungkan. BAL mempunyai kemampuan untuk mengkonversikan gula menjadi asam organik (laktat dan asetat) yang reaksinya ditunjukkan seperti pada Gambar 1 sehingga menyebabkan terjadinya penurunan pH dan mendegradasi karbohidrat untuk digunakan sebagai sumber nutrisi. BAL memproduksi asam dengan cepat sehingga pertumbuhan mikroba lain yang tidak diinginkan dapat terhambat. Oleh karena itu perlu mengetahui kurva pertumbuhan bakteri karena setiap bakteri akan menunjukkan perbedaan pola pertumbuhan, periode waktu yang dibutuhkan untuk tumbuh maupun beradaptasi, dan metabolit yang dihasilkan (Sharah dkk., 2015).



Gambar 1. Bagan alir reaksi pembentukan asam laktat  
(Sumber: Madigan dkk., 1997)

Bakteri asam laktat bersifat fakultatif anaerob yang tumbuh 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, CO<sub>2</sub>, dan etanol pada media pertumbuhannya, sedang bakteri asam laktat heterofermentatif (*Leuconostoc mesenteroides*) hanya 90% (Misgiyarta dkk., 2009). Bakteri asam laktat yang terimobilisasi juga telah dibuat sebagai starter kultur dalam pembuatan MOCAF dan menghasilkan produk MOCAF yang cukup memuaskan dan sesuai SNI. Starter tersebut yaitu BIMO-CF (*Biological Modified Cassava Flour*) yang merupakan bibit untuk fermentasi singkong pada proses pembuatan tepung singkong 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 singkong 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 (Misgiyarta dan Suismono, 2009).

## 2.4 Fermentor

Istilah fermentor (bioreaktor) digunakan untuk tempat fermentasi. Pada prinsipnya fermentor harus menjamin pertumbuhan mikroba dan produk dari mikroba di dalam fermentor. Semua bagian di dalam fermentor pada kondisi yang sama dan semua nutrien termasuk oksigen harus tersedia merata pada setiap sel dalam fermentor dan produk limbah seperti; panas, CO<sub>2</sub>, dan metabolit harus dapat dikeluarkan (*removed*). Masalah utama fermentor untuk produksi skala besar adalah pemerataan medium kultur dalam fermentor. Harus homogen artinya medium kultur harus tercampur merata. Oleh karena itu, wadah perlu didesain sedemikian rupa sehingga proses dalam wadah dapat dimonitor dan dikontrol. Wadah (fermentor) memberikan kondisi lingkungan fisik yang cocok bagi katalis sehingga dapat berinteraksi secara optimal dengan substrat (Waites dkk., 2001).

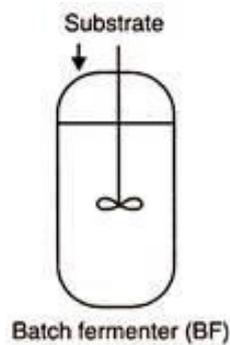
Fermentor dilengkapi dengan peralatan mekanik dan elektrik, bahkan diantaranya dilengkapi dengan sistem kontrol yang berguna untuk mengontrol faktor-faktor yang berpengaruh terhadap fermentasi. Fermentor berfungsi sebagai suatu tempat yang menyediakan lingkungan yang tepat dan dapat dipantau untuk pertumbuhan dan aktivitas mikrobia atau kultur campuran tertentu untuk menghasilkan produk yang diinginkan (Julianti, 2017). Untuk mendapatkan sistem fermentasi yang optimum, maka fermentor harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Terbebas dari kontaminan
2. Volume kultur relatif konstan (tidak bocor atau menguap)
3. Kadar oksigen terlarut harus memenuhi standar
4. Kondisi lingkungan seperti: suhu, pH harus terkontrol.

### 2.4.1 Jenis Fermentor

Ada beberapa tipe fermentor (bioreaktor), berdasarkan sistem yaitu fermentor *batch*, fermentor sinambung (*continue*) dan fermentor semi sinambung .

1. Fermentor *batch* adalah fermentor yang sederhana, dimana pada saat proses berlangsung tidak ada bahan yang masuk maupun yang keluar dari fermentor. Kondisi bahan maupun mikroorganisme dalam fermentor *batch* secara menyeluruh mengalami perubahan seiring berjalan dengan waktu sampai pada tingkat tertentu. Fermentasi *batch* adalah sistem budidaya tertutup, karena semua nutrisi ditambahkan pada awal fermentasi dan pada akhir fermentasi dikeluarkan bersama produknya. Media diinokulasi dengan mikroorganisme yang sesuai dan diinkubasi selama periode tertentu untuk fermentasi dalam kondisi fisiologis yang optimal. Proses pada fermentor *batch* dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini :



Gambar 2. *Fermentor Batch*  
(Sumber: *Biotechnology Notes*, 2018)

Selama masa inkubasi, sel-sel mikroorganisme mengalami multiplikasi dan melewati berbagai fase pertumbuhan dan metabolisme yang karenanya akan ada perubahan dalam komposisi media kultur, biomassa dan metabolit. Fermentasi dijalankan untuk periode tertentu atau sampai nutrisi habis. Kaldu kultur dipanen dan produk dipisahkan.

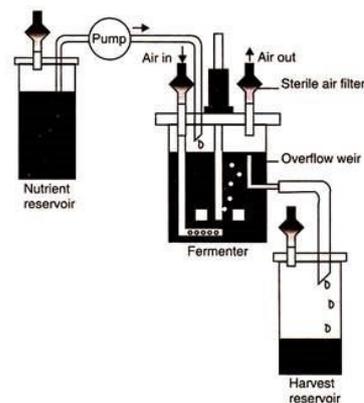
Fermentasi *batch* dapat digunakan untuk menghasilkan biomassa, metabolit primer dan metabolit sekunder dalam kondisi kultural yang mendukung laju pertumbuhan tercepat dan pertumbuhan maksimum akan digunakan untuk produksi biomassa. Fase pertumbuhan eksponensial harus diperpanjang untuk mendapatkan hasil optimal dari metabolit primer, sementara itu harus dikurangi untuk mendapatkan hasil optimal dari metabolit sekunder.

Media yang digunakan bersama dengan sel-sel mikroorganisme dan produk ditarik keluar dari fermentor. Ketika produk yang diinginkan terbentuk dalam jumlah optimal, produk dipisahkan dari mikroorganisme dan dimurnikan

kemudian. Fermentor tipe *batch* ini memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

- Kelebihan :
  - a. Kemungkinan kontaminasi dan mutasi sangat kecil.
  - b. Kesederhanaan operasi dan mengurangi resiko kontaminasi.
- Kekurangan:
  - a. Untuk setiap proses fermentasi, fermentor dan peralatan lainnya harus dibersihkan dan disterilkan.
  - b. Hanya sebagian kecil dari setiap siklus fermentasi batch yang produktif.
  - c. Biaya operasional lebih besar untuk mempersiapkan dan memelihara kultur.
  - d. Peningkatan frekuensi sterilisasi juga dapat menyebabkan tekanan yang lebih besar pada instrumentasi dan pemeriksaan.
  - e. Medium steril murni dan kultur murni harus dibuat untuk setiap proses fermentasi.

2. Fermentor kontinyu adalah fermentor dimana pada saat proses berlangsung umpan dimasukkan secara kontinyu atau terus-menerus begitu pun dengan produk atau keluaran isi dari fermentor. Proses pada fermentor kontinyu dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini :



Gambar 3. Fermentor kontinyu  
(Sumber: *Biotechnology Notes*, 2018)

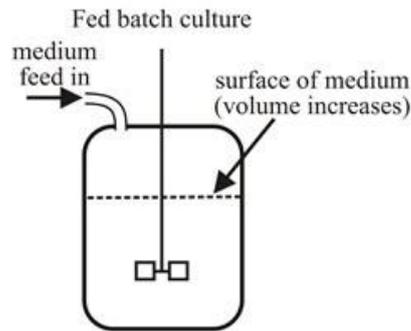
Akibatnya, volume medium dan konsentrasi nutrisi pada tingkat optimal dapat dipertahankan. Fermentor ini telah dioperasikan secara otomatis. Fermentor kontinyu memiliki penggunaan maksimum yang membutuhkan waktu lama untuk

mencapai produktivitas tinggi, mengurangi waktu henti dan menurunkan biaya pengoperasian. Dalam mode kontinyu, medium awal dan inokulum ditambahkan ke fermentor. Setelah biakan tumbuh fermentor diberi nutrisi dan kaldu diambil pada tingkat yang sama guna mempertahankan volume konstan kaldu dalam fermentor. Dalam mode berkelanjutan dengan siklus sel, massa sel dikembalikan ke fermentor menggunakan penyaringan mikro dengan bakteri atau penyaringan dengan miselium jamur. Fermentasi kontinyu memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu sebagai berikut:

- Kelebihan :
  - a. Fermentor terus digunakan dengan sedikit atau tanpa waktu *shutdown*.
  - b. Hanya diperlukan sedikit inokulum awal dan tidak perlu inokulum tambahan.
  - c. Dapat memfasilitasi produksi maksimum dan berkelanjutan dari produk yang diinginkan.
  - d. Ada pemanfaatan optimal dari zat yang dapat dimanfaatkan dengan lambat bahkan seperti hidrokarbon.
- Kekurangan :
  - a. Kemungkinan kontaminasi dan mutasi lebih banyak karena inkubasi yang berkepanjangan dan fermentasi berkelanjutan.
  - b. Kemungkinan pemborosan media nutrisi karena pengambilan terus menerus untuk isolasi produk.
  - c. Proses menjadi lebih kompleks dan sulit dicapai ketika produk yang diinginkan adalah antibiotik daripada sel mikroba.
  - d. Kurangnya pengetahuan tentang aspek dinamis pertumbuhan dan sintesis produk oleh mikroorganisme yang digunakan dalam fermentasi.

3. Fermentor *fed-batch* adalah modifikasi dari fermentasi *batch*. Dalam proses ini substrat ditambahkan secara berkala seiring fermentasi berlangsung, karena itu substrat selalu pada konsentrasi optimal. Ini penting karena beberapa metabolit sekunder mengalami represi katabolit dengan konsentrasi tinggi glukosa, atau karbohidrat atau senyawa nitrogen lain yang ada dalam medium.

Untuk alasan ini, unsur-unsur penting dari media nutrisi ditambahkan dalam jumlah rendah pada awal fermentasi dan substrat ini terus ditambahkan dalam dosis kecil selama fase produksi. Metode ini umumnya digunakan untuk produksi zat seperti penisilin. Proses pada fermentor *fed-batch* dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4. *Fermentor fed-batch*  
(Sumber: Moore dkk., 2011)

Adapun kelebihan dan kekurangan dari tipe *fed-batch* yaitu sebagai berikut :

- Kelebihan :
  - a. Produksi kepadatan sel yang tinggi karena perpanjangan waktu kerja (terutama produk-produk terkait pertumbuhan).
  - b. Kondisi yang terkendali dalam penyediaan substrat selama fermentasi, khususnya mengenai konsentrasi substrat khusus, misal: sumber karbon.
  - c. Kontrol atas produksi, oleh produk atau represi katabolit, efek karena penyediaan substrat terbatas hanya diperlukan untuk pembentukan produk.
  - d. Mode operasi dapat mengatasi dan mengendalikan penyimpangan dalam pola pertumbuhan organisme seperti yang ditemukan dalam fermentasi batch.
  - e. Memungkinkan penggantian kehilangan air, dengan penguapan.
  - f. Cara operasi alternatif untuk fermentasi yang berurusan dengan zat beracun atau senyawa dengan kelarutan rendah.
  - g. Peningkatan antibiotik ditandai stabilitas plasmid dengan memproduksi antibiotik koresponden selama rentang waktu fermentasi.
  - h. Tidak diperlukan peralatan khusus tambahan dibandingkan dengan fermentasi *batch*.

- i. Merupakan metode yang efektif untuk produksi bahan kimia tertentu, yang diproduksi pada tingkat optimal ketika media habis seperti penisilin.
- Kekurangan:
  - a. Tidak mungkin untuk mengukur konsentrasi substrat umpan dengan mengikuti metode langsung seperti kromatografi.
  - b. Dibutuhkan analisis mikroorganisme yang lebih sulit. Persyaratan dan pemahaman fisiologinya dengan produktivitas sangat penting.
  - c. Dibutuhkan sejumlah besar keterampilan operator untuk pengaturan fermentasi dan pengembangan proses.
  - d. Dalam siklus kultur *fed batch*, dibutuhkan kehati-hatian dalam desain proses untuk memastikan bahwa racun tidak menumpuk ke tingkat penghambatan dan bahwa nutrisi selain yang dimasukkan ke dalam media umpan menjadi terbatas juga, jika banyak siklus dijalankan. Akumulasi varian yang tidak menghasilkan atau memproduksi rendah dapat terjadi.
  - e. Jumlah komponen yang harus dikontrol harus di atas batas deteksi peralatan pengukur yang tersedia.

## 2.5. Heater / Pemanas

*Heater* adalah peralatan proses yang berguna untuk menaikkan temperatur suatu material. Berdasarkan fungsinya, *heater* dikelompokkan menjadi:

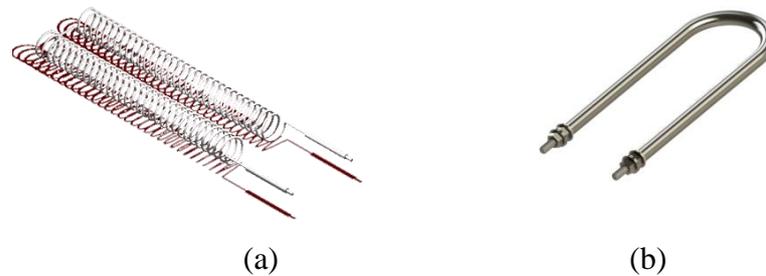
1. *Heater* untuk memanaskan atau menguapkan bahan (misalnya *heater* untuk *reboiler*).
2. *Heater* untuk memberikan panas reaksi pada *feed reactor*.
3. *Heater* untuk memanaskan material yang akan diubah bentuk fisiknya.

*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 :

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 *quart 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 *tubular heater*.



Gambar 5. Elemen Pemanas Listrik (a) *Coil Heater* dan (b) *Tubular Heater*  
(Sumber: Chatok, 2018)

## 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 :

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

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

### 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* .

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