

## BAB II

### KAJIAN TEORI

#### A. Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian terdahulu yang merupakan pijakan dalam penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut: 1) Ririn Rachmawati (2011) tentang pembuatan sari biji nangka sebagai minuman untuk memenuhi kebutuhan fosfor. Menunjukkan hasil bahwa kandungan gizi sari biji nangka rasa jahe yaitu kadar air 88%, kadar abu 1,2275%, kadar lemak 0,1185%, kadar protein 0,7235%, dan kadar karbohidrat 9,9305%. Perubahan kadar fosfor pada sari biji nangka rasa jahe selama pengolahan yaitu kadar fosfor pada biji nangka mengalami kenaikan sebesar 831,06%.<sup>1</sup> 2) Sri Marlina Ketaren (2012) tentang pengaruh perbandingan biji nangka dan air dan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap mutu yoghurt sari biji nangka. Penelitian menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap kadar total padatan, kadar protein, kadar total asam laktat, pH, total mikroba, uji organoleptik rasa, uji organoleptik tekstur dan pengaruh berbeda nyata terhadap uji organoleptik aroma.<sup>2</sup>

Terdapat persamaan dan perbedaan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang dilaksanakan. Persamaannya terletak pada

---

<sup>1</sup>Ririn Rachmawati, "*Pembuatan Sari Biji Nangka Sebagai Minuman untuk Memenuhi Kebutuhan Fosfor*", Skripsi, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2011, t.d.

<sup>2</sup>Sri Marlina Ketaren, "*Pengaruh Perbandingan Biji Nangka dan Air dan Konsentrasi CarboxyMethyl Cellulose (CMC) terhadap Mutu Yoghurt Sari Biji Nangka*", Skripsi, Medan: Universitas Sumatera Utara, 2012, t.d.

salahsatu indikator kualitas yang dijadikan parameter penelitian yang dianalisa, yaitu kualitas susu dengan menggunakan uji organoleptik. Sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang digunakan terletak pada obyek penelitian. Penelitian sebelumnya menggunakan biji nangka sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan susu dan yoghurt dengan memperhatikan perlakuan perbandingan biji nangka dan air dan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebagai faktor, sedangkan penelitian yang dilakukan menggunakan biji cempedak menjadi susu dan yoghurt melalui uji organoleptik.

## **B. Kajian Teoritik**

### **1. Tinjauan Tentang Cempedak**

Moraceae merupakan salah satu famili tumbuhan yang terdiri dari 60 genus dan 1.600 spesies (Hegnauer 1969) serta tumbuhan di daerah tropika dan subtropika seperti Asia, Amerika, Afrika, dan Australia (Venkataraman 1972; Nomura 1988). Indonesia memiliki sekitar 80 spesies dari 17 genus tumbuhan *Artocarpus*, *Morus*, dan *Ficus*.<sup>3</sup>

Sistematika (taksonomi) tumbuhan pada tanaman cempedak diklasifikasikan sebagai berikut :

---

<sup>3</sup>Hariani Soekamto Nunuk, *Potensi Cempedak Hutan*, Bogor: IPB Pres, 2012, h.5

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Dillennidae
Ordo	: Urticales
Famili	: Moracea
Genus	: Artocarpus
Spesies	: <i>Artocarpus champeden</i> <sup>4</sup>

Salah satu genus utama dari family Moraceae adalah *Artocarpus* yang tumbuh di daerah tropika dan subtropika. Genus ini terdiri atas 50 spesies yang tersebar di Asia, mulai dari Srilanka, India, Pakistan, Myanmar, Indonesia, China selatan, Malaysia, Papua Nugini, hingga kepulauan Solomon. Tumbuh-tumbuhan genus *Artocarpus* oleh masyarakat dikenal sebagai nangka-nangkaan. Buah tumbuhan ini dapat dimakan dan kayunya banyak digunakan oleh masyarakat sebagai bahan bangunan. Selain itu, tumbuhan genus *Artocarpus* telah lama digunakan oleh masyarakat sebagai bahan obat tradisional. Sebagai contoh, abu daun *A. Communis* yang dibakar dan campur dengan sedikit minyak kelapa dan kunyit digunakan untuk mengobati penyakit kulit, sedangkan bunganya yang dibakar sampai menjadi

---

<sup>4</sup><http://1001budidaya.com> (Online: 20 agustus 2015)

arang digunakan untuk menyembuhkan sakit gigi, dan akarnya untuk menghentikan murus darah. Rebusan akar dari *A. Integra* digunakan untuk mengobati demam. Getah *A. Elastica* selain digunakan untuk pulut burung, dapat juga digunakan untuk obat disentri.<sup>5</sup>

#### a. Botani Tanaman Cempedak

Buah cempedak (*Artocarpus champenden*) menurut asal usulnya merupakan tanaman asli Indonesia. Saat ini penyebarannya sudah merambah sampai ke Malaysia dan Papua Nugini. Di Indonesia, cempedak tersebar didaerah Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Jawa.<sup>6</sup>



**Gambar 2.1 Buah Cempedak**

Tanaman cempedak termasuk dalam family Moraceae genus *Artocarpus*, seperti nangka. Tumbuhan dikotil dengan akar tunggang dan batang yang berkambium. Nama daerah untuk buah ini pun bermacam-macam. Misalnya *campeudak*, *cimpedak*, *sibodak*, atau *bikawan* (Karo), *sibodak* (Toba), *cubadak*

<sup>5</sup>*Ibid.* H, 5-6

<sup>6</sup>Yustina Erna Widyastuti, *Nangka dan Cempedak Ragam Jenis dan Pembudidayaan*, Jakarta : PT. Penebar Swadaya Anggota IKAPI, 1995, h. 23

(Minangkabau), atau *temedak* (Lampung). Sedangkan di Jawa dikenal dengan *campedak* (Sunda), *campedak*, *cepedak* (Jawa) atau *nangka comedak* (Madura). Di Sulawesi disebut *nangka in baranda* atau *nangka in balanda*. Orang-orang di daerah Maluku menyebutnya *taperak*, *inaela*, *tafela*, dan sebagainya. Sedangkan di Irian dinamakan *tamberak*.<sup>7</sup>

Cempedak merupakan tanaman tahunan yang berbentuk pohon tinggi. Tingginya dapat mencapai 15-25 m. Cempedak juga berakar tunggang dengan percabangan akar banyak. Fungsi utama akar sebagai pengambil unsur hara. Selain itu, akar juga sebagai penopang pohon. Pada umumnya batang cempedak berukuran lebih kecil, garis tengahnya sekitar 15 cm. Batang cempedak mengandung getah yang pekat. Permukaannya berwarna coklat keabuan. Batang cempedak ini juga baik digunakan untuk bahan bangunan maupun perkakas rumah tangga. Cabang dan ranting cempedak ditumbuhi bulu-bulu halus.<sup>8</sup>

Daun cempedak merupakan daun tunggal. Teksturnya lebih lemas, warnanya hijau tua, bila diraba pada kedua permukaan daunnya terasa kasar karena ditumbuhi bulu-bulu. Daun muda atau yang masih kuncup diselubungi *stipula* yang berwarna coklat. Sedangkan pada daun yang sudah tua, *stipula* tersebut akan gugur.

---

<sup>7</sup>*Ibid.* h, 23

<sup>8</sup>Yustina Erna Widyastuti, *Nangka dan Cempedak Ragam Jenis dan Pembudidayaan*, Jakarta : PT. Penebar Swadaya Anggota IKAPI, 1995, h.26

Bunga cempedak juga merupakan bunga majemuk tersusun dalam bentuk bunga periuk yang berbentuk bulat panjang. Satu pohon terdapat bunga jantan dan bunga betina yang terpisah. Oleh karenanya tanaman cempedak disebut juga tanaman berumah satu. Setelah terjadinya penyerbukan, bunga betina akan tumbuh menjadi buah cempedak. Buah cempedak ini pun merupakan buah semu majemuk. Bentuk buah cempedak yang umum adalah bulat memanjang. Ukuran rata-rata panjangnya adalah 40 cm dengan garis tengah 15-20 cm. Duri-duri pada permukaan buahnya tidak tajam, kulit buahnya berwarna hijau kekuningan dan setelah tua menjadi kuning agak cokelat.<sup>9</sup>

Cempedak termasuk dalam kategori tanaman yang mudah beradaptasi dengan lingkungan yang kurang subur / tanah marginal dan tidak memerlukan perawatan intensif. Buah ini tumbuh baik di dataran rendah hingga ketinggian 1000 dpl di daerah yang bertipe iklim basah. Tanaman ini menyukai hidup di daerah yang relatif basah dengan curah hujan cukup tinggi yaitu antara 2.500-3.000 mm/tahun. Sifat agroekologi cempedak yang tumbuh di dataran rendah ini, penyebarannya dapat merata di seluruh Indonesia. Hal ini menjadikan ketersediannya di sekitar cukup melimpah dan mudah didapatkan di seluruh wilayah Indonesia. Jumlah produksi cempedak di Indonesia pada Tahun 2000 sebanyak 369.875 ton,

---

<sup>9</sup>Yustina Erna Widyastuti, *Nangka dan Cempedak Ragam Jenis dan Pembudidayaan*, Jakarta : PT. Penebar Swadaya Anggota IKAPI, 1995, h.26-27

Tahun 2001 mencapai 415.079 ton, dan 2002 sebanyak 536.186 ton.<sup>10</sup>



**Gambar 2.2 Biji Cempedak<sup>11</sup>**

Cempedak (*Artocarpus champenden*) bernilai energi cukup tinggi yaitu 116 kkal/100 gram. Nilai energi pada buah nangka masak adalah 106 kkal/100 gram. Tinggi energi pada buah cempedak berkaitan dengan nilai karbohidratnya yang mencapai 28,6 gram/100 gram. Bagi yang sedang berdiet rendah lemak, buah cempedak dapat menjadi pilihan diet karena kadar lemaknya sangat rendah yaitu 0,4 gram/100 gram. Kandungan vitamin A nya cukup tinggi yaitu sekitar 200 SI/100 gram. Selain vitamin A, cempedak juga mengandung vitamin C lebih tinggi dibandingkan nangka, yaitu masing-masing 15 gram dan 7 gram per 100 gram buah. Kadar vitamin C pada 100 gram cempedak setara dengan 25 persen kandungan vitamin C pada 100 gram jeruk. Mineral penting yang terkandung pada 100 gram daging buah cempedak adalah kalsium,

---

<sup>10</sup> Statistik Pertanian, BPS , 2002

<sup>11</sup><https://www.google.com> (Online:06november2014).

fosfor, zat besi, masing-masing sebanyak 20, 30, 1,5 mg. buah cempedak mengandung serat cukup tinggi, kandungan seratnya dapat mencapai 2,31 persen, lebih tinggi dibandingkan dengan serat pada buah durian 1,2 persen maupun buah strawberry 0,9 persen.<sup>12</sup>

**Tabel. 2.1** Komposisi Kandungan Gizi Biji Cempedak

Komponen Gizi	Biji Cempedak
Energi (kkal)	165
Protein (g)	4,2
Lemak (g)	0,1
Karbohidrat (g)	36,7
Kalsium (mg)	33
Fosfor (mg)	200
Besi (mg)	1
Air (g)	57,7 <sup>13</sup>

## 2. Tinjauan Tentang Susu

Susu adalah sumber gizi utama bagi bayi (ASI) sebelum mereka dapat mencerna makanan padat. Susu hewani (biasanya sapi) juga diolah menjadi berbagai produk seperti mentega, yoghurt, es krim, keju, susu kental manis, susu bubuk dan lain-lain untuk konsumsi manusia. Setiap individu membutuhkan susu untuk menopang kehidupan. karena nilai gizi yang terdapat dalam susu

<sup>12</sup>Prof. Dr, Ir. Made Astawan, Ms. *A-Z Ensiklopedia Gizi Pangan untuk Keluarga*, Jakarta: PT. Dian Rakyat, 2009,

<sup>13</sup>Hafiz Anshari dkk, *“Pemanfaatan Biji Cempedak sebagai Alternatif Pengganti Tepung Terigu dengan Kualitas dan Gizi* Karya Tulis, Malang : Universitas Negeri Malang, 2010

sangat tinggi, karena mengandung zat-zat yang sangat dibutuhkan oleh tubuh seperti protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan garam-garam mineral. Selain itu, susu juga mudah dicerna dan diserap oleh tubuh, hal ini menjadikan susu sebagai bahan pangan andalan dalam meningkatkan kesehatan dan gizi masyarakat.

Selain susu hewani dikenal pula susu nabati seperti susu dari bahan baku kedelai diproduksi di Yogyakarta dengan nama saridele. Kedelai dipilih sebagai bahan baku susu karena dipandang memiliki kandungan gizi yang tinggi. Di antara biji-bijian dan kacang-kacangan. Kandungan protein dalam susu kedelai dipengaruhi oleh varietas kedelai, jumlah air yang ditambahkan, jangka waktu dan kondisi penyimpanan, serta perlakuan panas. Semakin banyak jumlah air yang digunakan untuk mengencerkan susu maka akan semakin sedikit kadar protein yang diperoleh. Kadar protein dalam susu kedelai yang dibuat dengan perbandingan kedelai 1:8, 1:10, dan 1:15 berturut-turut adalah 3,6%, 3,2%, dan 2,4%.<sup>14</sup> Berbeda dengan biji cempedak, kandungan protein biji cempedak sebelum diolah menjadi susu yakni 4,2 gram. Namun, keduanya memiliki asam amino dan kandungan gizi yang lengkap.

---

<sup>14</sup>Prof. Dr. Ir. Made Astawan, Ms. *Sehat dengan Hidangan Kacang dan Biji-Bijian*, Jakarta: PT.Penebar Swadaya, 2009, h.106

### 3. Tinjauan Tentang Yoghurt (Susu Fermentasi)

Produk susu fermentasi secara umum dapat dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu produk susu fermentasi dan keju. Hampir semua konstituen awal pada produk susu fermentasi masih ada, dengan pengecualian sebagian konstituen yang telah dimetabolisme mikroorganisme. Pada keju, porsi sebagian besar konstituen awal susu dikeluarkan dalam dadih untuk memperoleh produk akhir. Sedangkan salah satu produk olahan susu yang telah banyak dikembangkan adalah susu fermentasi, suatu sebutan bagi suatu produk olahan susu yang didapat melalui proses fermentasi, suatu proses perombakan bahan-bahan organik yang dilakukan dengan bantuan enzim yang dihasilkan oleh mikrobial. Menurut Codex Alimentarius, yoghurt adalah susu terkoagulasi dari proses fermentasi asam laktat melalui aktifitas *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Selain dibuat dari susu segar, yoghurt juga dapat dibuat dari susu skim (susu tanpa lemak) yang dilarutkan dalam air dengan perbandingan tertentu tergantung pada kekentalan produk yang diinginkan. Selain dari susu hewani, yoghurt dapat dibuat dari campuran susu skim dengan susu nabati.<sup>15</sup>

Fermentasi yang terjadi dalam proses pembuatan susu fermentasi adalah fermentasi asam laktat. Nama ini diberikan

---

<sup>15</sup>Herliani Afrianti Leni, *Teknologi Pengawetan Pangan*, Bandung: Alfabeta, 2013, h.238-239

karena dihasilkannya asam laktat sebagai produk fermentasi dari glukosa. Bakteri asam laktat di dalam susu merupakan bakteri asam laktat homofermentatif, misalnya *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* yang memproduksi asam laktat selama fermentasi glukosa. Kemampuannya memproduksi asam laktat yang tinggi dalam proses fermentasi, produk fermentasi akan lebih awet, sehingga fermentasi merupakan salah satu cara pengawetan makanan, dalam hal ini susu. Bakteri asam laktat biasanya digunakan untuk memperbaiki kualitas susu serta memperpanjang masa simpan. Terbentuknya asam laktat, pH akan turun dan mencegah adanya bakteri pembusuk, seperti *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Enterobacteriaceae* dan bakteri psikrofilik yang lain, misalnya *Pseudomonas*.<sup>16</sup>

Fermentasi menggunakan kombinasi galur probiotik dengan senyawa-senyawa prebiotik dan biogenik. Senyawa prebiotik adalah senyawa-senyawa yang tidak dihidrolisis atau diabsorpsi oleh usus halus karena gangguan genetik, sehingga tidak mampu menghasilkan enzim laktase dalam saluran pencernaan manusia (penyerapan dalam usus halus) tetapi senyawa prebiotik ini dapat merangsang pertumbuhan bakteri asam laktat seperti bifidobakteria. Senyawa-senyawa semacam ini misalnya transgalaktosil oligosakarida (TOS) dan 6'-galaktosillaktose yang

---

<sup>16</sup>Sri Ratnawati, "Peranan *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* dalam Fermentasi Yoghurt Kedelai", Skripsi, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 1995, h.6-8

diproduksi secara enzimatis dari laktosa, frukto-oligosakarida yang diproduksi secara enzimatis dari sukrosa, frukto-galaktoligosakarida, dan inulin. Senyawa biogenik adalah senyawa-senyawa yang mempunyai efek langsung terhadap tubuh, misalnya merangsang respon imun, atau menekan pembentukan tumor, reaksi peroksida, dan hiperkolesterolemia.<sup>17</sup>

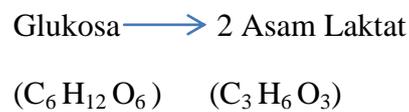
Simbiosis atau saling membantu antar mikroorganisme selama pertumbuhan sering terjadi dalam pangan yang mengandung 2 atau lebih jenis mikroorganisme. Satu jenis mikroba dapat memproduksi produk metabolit yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme lain yang tidak dapat memproduksinya. Sebaliknya, spesies mikroorganisme kedua memproduksi suatu nutrisi yang menstimulasi mikroorganisme pertama untuk tumbuh lebih baik. Simbiosis ditemukan dalam produksi beberapa pangan fermentasi seperti yoghurt. *Streptococcus thermophilus* pada awalnya menghidrolisis protein susu oleh enzim proteinase ekstraseluler dan menghasilkan asam amino yang diperlukan untuk pertumbuhan *Lactobacillus bulgaricus*. Sebaliknya, *Lactobacillus* memproduksi asam format yang menstimulasi pertumbuhan *Streptococcus*. Kedua jenis bakteri tersebut diperlukan untuk memproduksi produk yoghurt yang diinginkan.

---

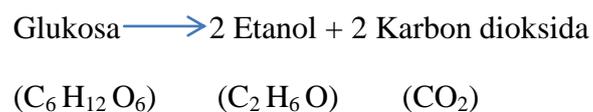
<sup>17</sup>Srikandi Fardiaz, "Pangan & Gizi ; Ilmu Teknologi, Industri, dan Perdagangan, Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2001,h.175

Reaksi dalam fermentasi berbeda-beda tergantung pada jenis gula yang digunakan dalam produk dan produk yang dihasilkan. Secara singkat, di dalam susu terkandung glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dan melalui fermentasi akan menghasilkan yoghurt. Reaksi fermentasi ini dilakukan oleh mikroorganisme berupa bakteri homofermentatif (*Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*) dan digunakan pada produksi makanan.

Fermentasi glukosadigambarkan dengan pertimbangan beberapa mekanisme yang digunakan oleh mikroorganisme untuk mendapatkan fosforilasi substrat dengan menggunakan glukosa. Prinsipnya, fosforilasi ADP menjadi ATP dapat dipasangkan dengan kedua transformasi kimia yang seimbang:



Atau



Mekanisme biokimia diperoleh sedikit beragam. Umumnya, fermentasi dari glukosa diawali dengan fosforilasi glukosa menjadi glukosa 6-fosfat. Ada 2 mekanisme dimana hal tersebut dapat dipakai: 1) Glukosa ekstraseluler dapat diangkut melalui membran sitoplasma ke dalam sel dan kemudian fosforilasi dengan ATP

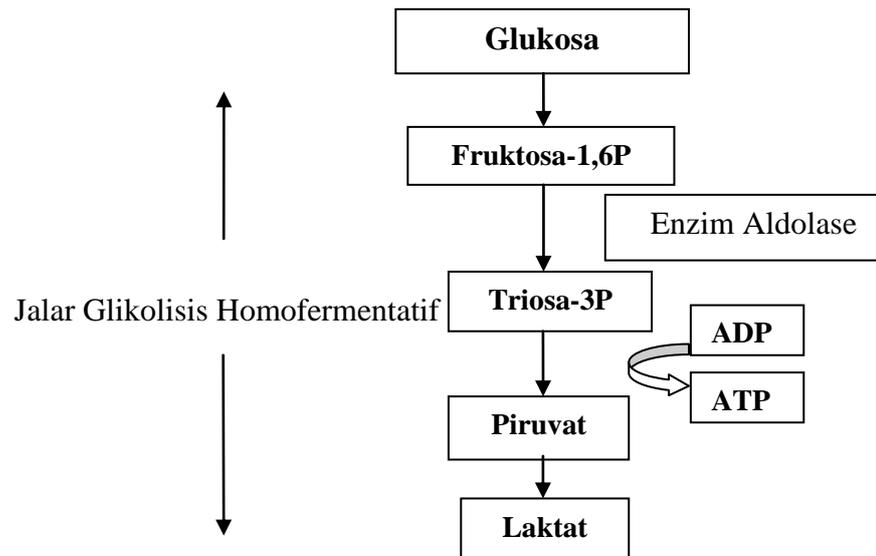
untuk menghasilkan *glukosa 6-fosfat* dan ADP. 2) Pada kebanyakan mikroorganisme, glukosa ekstraseluler di difosforilasi ketika sedang diangkut melalui membran sitoplasma yang memfosforilasi glukosa ekstraseluler pada penggunaan *fosfoenolpiruvat*, menghasilkan *glukosa 6-fosfat intraseluler* dan piruvat. Proses yang terakhir adalah sebuah contoh metabolisme vektorial, serangkaian reaksi biokimia dimana struktur maupun lokasisebuah substrat diubah. Pemilihan ATP atau fosfoenolpiruvat sebagai agen fosforilasi tidak mengubah ATP yang dihasilkan oleh fermentasi, karena fosfoenolpiruvat digunakan sebagai sumber ATP pada tahap fermentasi selanjutnya.<sup>18</sup>

Berdasarkan jalur metabolisme glukosa, BAL (Bakteri Asam Laktat) homofermenter hanya menghasilkan laktat sebagai produk utama dari fermentasi glukosa. Bakteri homofermenter melakukan jalur glikolisis *Embden-Meyerhof-Parnas* (EMP), pada molekul 6 karbon glukosa difosforilasi dan diisomerisasi sebelum didegradasi oleh enzim aldolase menjadi *gliseraldehid-3-fosfat*, kemudian diubah menjadi piruvat. Selama proses fosforilasi, dihasilkan 2 molekul ATP untuk setiap molekul glukosa yang difermentasi.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup>Geo F. Brooks, Janet S. Butel, & Stephen A. Morse, *Mikrobiologi Kedokteran-Edisi Pertama*, Jakarta:Salemba Medika, 2005, h. 125

<sup>19</sup>Tatang Supandi & Wardah, *Mikrobiologi Pangan – Teori dan Praktek*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2014, h.216



**Gambar 2.3 Jalur Homofermentatif Degradasi Glukosa**

Jalur Embden-Meyerhof (EMP) suatu mekanisme yang umum ditemukan untuk fermentasi glukosa, menggunakan kinase dan aldolase untuk mengubah heksosa ( $C_6$ ) fosfat menjadi dua molekul triosa ( $C_3$ ) fosfat. Empat reaksi fosforilasi substrat bersama-sama mengubah triosa fosfat menjadi dua molekul piruvat. Sehingga dua ikatan pirofosfat ATP dibutuhkan untuk membentuk triosa fosfat dari glukosa, jalur Embden-Meyerhof (EMP) memproduksi hasil bersih dua ikatan pirofosfat ATP. Pembentukan piruvat dari triosa fosfat merupakan suatu proses oksidasi, piruvat mengoksidasi NADH dan NADH yang dibentuk pada tahap metabolisme pertama harus diubah menjadi  $NAD^+$  agar proses fermentasi berlanjut dimana piruvat menjadi laktat. Reduksi

langsung piruvat oleh NADH menghasilkan laktat sebagai hasil akhir fermentasi dan menyebabkan pengasaman medium.<sup>20</sup>

#### 4. Mikrobiologi Yoghurt

Yoghurt mempunyai masa semipadat, karena koagulasi susu baik susu skim atau susu dengan lemak penuh oleh biakan bakteri pemula. Yoghurt juga memiliki rasa asam yang tajam, dengan flavor dan terasa lembut di mulut. Flavor tersebut berasal dari efek kombinasi asetaldehid, laktat, diasil, dan asetat, tetapi 90% flavor disebabkan oleh asetaldehid.<sup>21</sup>

Kualitas produk yoghurt yang baik diperoleh dengan rasio penggunaan spesies bakteri pemula *Streptococcus* : *Lactobacillus* 1:1 dalam produk akhir, tetapi tidak melebihi rasio 3:2. Kesetimbangan pertumbuhan 2 spesies bakteri pemula, pada umumnya diperoleh pada fermentasi yang dilakukan pada suhu sekitar 43,3°C (110°F). Asam dan flavor yang dihasilkan pada suhu tersebut dapat mencapai pada tingkat yang diinginkan. Suhu lebih tinggi 43,3°C menyebabkan pertumbuhan *Streptococcus thermophilus* lebih tinggi dan dominan, sehingga hasilnya produk kurang asam dan flavor tinggi. *Streptococcus thermophilus* mampu menghasilkan senyawa-senyawa pembentuk flavor, seperti diacetyl,

---

<sup>20</sup>Geo F. Brooks, Janet S. Butel, & Stephen A. Morse, *Mikrobiologi Kedokteran-Edisi Pertama*, Jakarta:Salemba Medika, 2005, h. 125

<sup>21</sup>Tatang Supandi & Wardah, *Mikrobiologi Pangan – Teori dan Praktek*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2014,h. 237

asetaldehid, asam asetat lebih banyak. Kedua spesies menunjukkan pertumbuhan simbiotik dalam susu pada suhu 43,3°C. *Streptococcus thermophilus* pada awalnya tumbuh cepat dengan adanya oksigen terlarut, menghasilkan asam format dan CO<sub>2</sub> menstimulasi pertumbuhan *Lactobacillus bulgaricus* yang mempunyai sistem enzim eksoproteinase dan peptidase yang baik. *Lactobacillus bulgaricus* dapat memproduksi peptida dan asam amino dari protein susu di luar sel. Beberapa asam amino seperti glisin, valin, histidin, leusin, dan metionin diperlukan untuk pertumbuhan yang baik *Streptococcus thermophilus* yang tidak memiliki enzim proteinase. *Streptococcus thermophilus* memperoleh asam amino tersebut dari susu dan akan tumbuh cepat sampai pH mencapai sekitar 5,5, sehingga pertumbuhan *Streptococcus thermophilus* melambat. Pertumbuhan *Lactobacillus bulgaricus* berlangsung terus dengan cepat, sehingga suhu diturunkan mencapai 85°F setelah pH turun mencapai 4,8 dengan suhu 85°F, kedua bakteri tumbuh lambat dan berhenti pada suhu 40°F dengan pH sekitar 4,3.<sup>22</sup>

Spesies *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* juga mempunyai efek sinergis terhadap laju pertumbuhan, produk asam, dan pembentukan asetaldehid ketika ditumbuhkan bersama dibandingkan dengan pertumbuhan masing-

---

<sup>22</sup>Tatang Supandi & Wardah, *Mikrobiologi Pangan – Teori dan Praktek*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2014, h.237-239

masing individu. Pertumbuhan bakteri secara tunggal dalam usus menghasilkan asetaldehid sekitar 8-10 ppm, tetapi jika ditumbuhkan bersama produk asetaldehid meningkat sampai tingkat yang diinginkan, yaitu 25 ppm atau lebih tinggi. Kedua spesies bakteri tersebut mempunyai sistem galaktosidase yang dapat menghidrolisis laktosa, yang ditransfor melalui sistem permease menjadi glukosa dan galaktosa. Kedua spesies merupakan bakteri homofermentatif dan memproduksi laktat dari glukosa melalui jalur EMP. Strain *Lactobacillus bulgaricus* mempunyai enzim yang metabolisme galaktosa menjadi jalur Leloir, tetapi ketika sedang aktif melakukan metabolisme glukosa, bakteri tersebut tidak dapat memanfaatkan galaktosa dengan baik.<sup>23</sup>

Kebanyakan strain *Streptococcus thermophilus* tidak mempunyai aktivitas enzim terlibat dalam jalur Leloir, sehingga tidak dapat memetabolisme galaktosa. Hasil metabolisme galaktosa akan dikeluarkan dari sel dan terakumulasi dalam yoghurt. Komponen utama flavor yoghurt adalah asetaldehid (25 ppm), dengan diasetil (0,5 ppm) dan asetat. Asetaldehid diproduksi dengan 2 cara, yaitu dari glukosa melalui piruvat oleh *Streptococcus thermophilus* dan dari treonin yang tersedia atau diproduksi melalui proteolisis susu oleh *Lactobacillus bulgaricus* format diperlukan untuk pertumbuhan *Lactobacillus bulgaricus* dan

---

<sup>23</sup>*Ibid.* h, 239

diproduksi oleh *Streptococcus thermophilus* dari piruvat oleh aktifitas formatliase. Enzim  $\beta$  – galaktosidase pada beberapa strain *Streptococcus thermophilus* dapat mempolimerisasi glukosa menghasilkan oligosakarida dan glikan, yang menghasilkan tekstur viskus pada yoghurt.<sup>24</sup>

Gen *Lac+* pada kedua spesies yang mengkode galaktosidase dan permease yang terikat pada kromosom dan cukup stabil. Beberapa strain juga mempunyai aktivitas galaktosidase yang kuat. Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* mempunyai gen *Gal+*, tetapi *Streptococcus thermophilus* biasanya *Gal-*. Strain bakteri dengan *Gal+* yang baik dapat dikembangkan untuk menurunkan akumulasi galaktosa dalam produk, strain *Lactobacillus bulgaricus* mempunyai kemampuan menghidrolisis protein yang berbeda. Strain dengan aktivitas proteolitik yang diinginkan dapat digunakan dalam fermentasi, tetapi proteolisis yang terlalu banyak dapat menurunkan kualitas tekstur dan meningkatkan flavor pahit. Kedua bakteri mempunyai fag, strain yang resisten terhadap fag perlu dikembangkan dan digunakan. Ketersediaan informasi sekuen genom yang lengkap dari beberapa strain dalam spesies dapat membantu pengembangan strain yang diinginkan dalam produk yoghurt.

---

<sup>24</sup>Tatang Supandi & Wardah, *Mikrobiologi Pangan – Teori dan Praktek*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2014, h.237-240

Masalah flavor pada yoghurt berhubungan dengan konsentrasi asetaldehid. Konsentrasi asetaldehid yang rendah memberi sifat basi dan flavor asam kecut, tetapi konsentrasi yang terlalu tinggi memberi warna hijau pada yoghurt. Konsentrasi diasetil yang terlalu tinggi menyebabkan aroma mentega pada yoghurt dan produksi asam terlalu tinggi selama penyimpanan menyebabkan rasa asam kecut. Proteolisis dan akumulasi peptida pahit selama penyimpanan berhubungan dengan flavor pahit pada yoghurt. Produksi eksopolisakarida oleh bakteri pemula dapat menyebabkan tekstur viskos dan yoghurt berserabut. Pertumbuhan khamir selama penyimpanan juga menghasilkan flavor buah-buahan, khususnya pada yoghurt yang mengandung buah dan kacang. Pertumbuhan kapang pada permukaan menimbulkan permasalahan pada yoghurt yang diberi warna, flavor, dan yoghurt campuran.<sup>25</sup>

**a. *Streptococcus***

Hanya satu spesies dari genus *Streptococcus*, yaitu *Streptococcus thermophilus* yang digunakan dalam fermentasi susu. *Streptococcus thermophilus* merupakan bakteri gram positif yang berbentuk bulat hingga oval, berdiameter 0,7-0,9  $\mu\text{m}$ , serta dapat berupa dalam bentuk berpasangan sampai rantai panjang. Sel dapat tumbuh baik pada suhu 37-40°C,

---

<sup>25</sup>Tatang Supandi & Wardah, *Mikrobiologi Pangan – Teori dan Praktek*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2014, h.240

tetapi juga dapat tumbuh pada suhu 52°C. *Streptococcus thermophilus* merupakan fakultatif anaerobik, dapat mereduksi pH media glukosa cair hingga 4,0, memproduksi asam L(+)-laktat, serta dapat memfermentasi fruktosa, manosa, dan laktosa, tetapi secara umum tidak dapat memfermentasi galaktosa dan sukrosa. Sel dapat bertahan hidup pada suhu 60°C selama 30 menit. Habitat alami *Streptococcus thermophilus* belum diketahui, tetapi pada umumnya ditemukan dalam susu.<sup>26</sup>

**b. *Lactobacillus***

Genus *Lactobacillus* meliputi kelompok bakteri gram positif yang heterogen, berbentuk batang bulat, biasanya non-motil, tidak membentuk spora, spesies fakultatif anaerobik. Pertumbuhan dan karakteristik metabolisme *Lactobacillus* sangat bervariasi. Bentuk sel sangat bervariasi dari batang pendek atau hampir bulat hingga batang panjang, tipis atau agak tebal, dapat berbentuk sel tunggal atau rantai pendek hingga panjang. Pertumbuhan bakteri ini dalam glukosa dapat menghasilkan asam laktat, etanol, asam asetat, dan CO<sub>2</sub> bergantung pada spesies. Beberapa spesies bakteri dari genus ini juga menghasilkan diasetil. Banyak spesies bakteri ini

---

<sup>26</sup>Tatang Supandi & Wardah, *Mikrobiologi Pangan – Teori dan Praktek*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2014, h.218-219

memanfaatkan laktosa, sukrosa, fruktosa, atau galaktosa, dan beberapa spesies dapat memfermentasi pentosa.<sup>27</sup>

Suhu pertumbuhan *Lactobacillus* bervariasi sekitar 1-50°C, tetapi kebanyakan digunakan sebagai biakan pemula dalam fermentasi pangan terkontrol dan tumbuh baik pada suhu 25-40°C. Bakteri *Lactobacillus* berdistribusi luas dan dapat ditemukan pada tanaman, sayuran, biji, susu olahan, daging, daging olahan, dan daging fermentasi. Beberapa bakteri ini ditemukan dalam saluran pencernaan manusia, hewan, dan unggas. Beberapa spesies berkaitan dengan kerusakan pangan. Banyak spesies bakteri ini digunakan dalam fermentasi terkontrol atau fermentasi alami untuk susu, daging, sayuran, dan sereal. Beberapa bakteri ini dianggap mempunyai efek menguntungkan terhadap kesehatan intestinal jika dikonsumsi dalam keadaan hidup.<sup>28</sup>

Berdasarkan jalur metabolisme heksosa dan pentosa, spesies bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dapat memfermentasi heksosa dan disakarida, seperti laktosa dan sukrosa untuk menghasilkan asam laktat, tetapi tidak dapat memfermentasi pentosa seperti ribosa, silosa, atau arabinosa.<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup>*Ibid*,h.221

<sup>28</sup>Tatang Supandi & Wardah, *Mikrobiologi Pangan – Teori dan Praktek*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2014, h. 221

<sup>29</sup>*Ibid*, h. 222

## 5. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroba dalam Pangan

Kemampuan mikroorganisme, kecuali virus untuk tumbuh dalam pangan ditentukan dari berbagai faktor yang saling terkait. Berbagai faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan ditentukan oleh karakteristik fisika-kimia pangan (faktor intrinsik), kondisi lingkungan penyimpanan (faktor ekstrinsik), karakteristik, interaksi antar mikroorganisme (faktor implisit), dan faktor pengolahan pangan.<sup>30</sup>

Pengaruh masing-masing faktor intrinsik pangan termasuk nutrisi, faktor tumbuh, dan penghambat, aktifitas air, pH, dan potensi oksidasi-reduksi. Pertumbuhan mikroba dicapai melalui sintesis komponen seluler dan energi. Nutrisi yang diperlukan untuk proses ini berasal dari lingkungan sel mikroba. Jika sel mikroba tumbuh dalam pangan, nutrisi tersebut dipasok dari pangan. Komponen yang dapat digunakan sebagai nutrisi mikroba termasuk karbohidrat, protein, lipida, mineral, dan vitamin. Beberapa mikroba dalam pangan dapat memanfaatkan gula, alkohol, dan asam amino sebagai sumber energi. Air tidak

---

<sup>30</sup>Tatang Supandi & Wardah, *Mikrobiologi Pangan – Teori dan Praktek*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2014, h. 82

dianggap sebagai nutrisi, tetapi sangat penting sebagai media reaksi biokimia yang diperlukan untuk sintesis massa sel dan energi.<sup>31</sup>

a. Karbohidrat

Mikroorganisme juga mempunyai kemampuan yang berbeda dalam hal memanfaatkan molekul karbohidrat yang berukuran besar dan kompleks seperti pati dan selulosa, protein bermolekul besar seperti kasein dalam susu, dan lipida. Mikroorganisme mampu memanfaatkan molekul tersebut karena dapat memproduksi enzim ekstraseluler spesifik, atau koenzim yang akan menghidrolisis molekul kompleks menjadi molekul bentuk yang sederhana di luar sel sebelum ditransfer ke dalam sel.

b. Protein

Kandungan protein dalam pangan hewani lebih tinggi dari pada pangan nabati, tetapi pangan nabati seperti kacang, biji-bijian dan legum kaya dengan protein. Protein dapat digunakan sebagai bahan tambahan pangan. Mikroorganisme dapat menghasilkan enzim proteinase dan peptidase ekstraseluler, untuk menghidrolisis protein dan peptida yang berukuran besar menjadi asam amino dan peptida berukuran kecil sebelum ditransfer ke dalam sel.

c. Lipida

---

<sup>31</sup>*Ibid*, h.83-88

Lipida dalam pangan termasuk komponen yang diekstraksi oleh pelarut organik seperti asam lemak bebas, gliserida, fosfolipida, waks, dan sterol. Lipida dalam pangan hewani relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pangan nabati, walaupun demikian kacang beberapa jenis biji, daging kelapa, dan zaitun mempunyai kadar lipida yang tinggi. Beberapa mikroorganisme dapat memproduksi lipase ekstraseluler yang digunakan untuk menghidrolisis gliserida menjadi asam lemak dan gliserol. Asam lemak ditransportasikan dalam sel dan digunakan untuk sintesis energi, pada gliserol dimetabolisme secara terpisah. Beberapa mikroorganisme juga memproduksi enzim oksidase lipid yang mengoksidasi asam lemak tidak jenuh, sehingga menghasilkan aldehid dan keton.

d. Mineral dan Vitamin

Beberapa pangan mempunyai satu atau beberapa nutrisi dalam jumlah terbatas untuk pertumbuhan beberapa bakteri gram positif, khususnya beberapa spesies *Lactobacillus* yang sensitif. Beberapa karbohidrat, asam amino esensial, dan vitamin B seperti Vit B<sub>3</sub> (asam nikotinat), B<sub>5</sub> (asam pantothenat) dapat ditambahkan ke dalam pangan untuk memperoleh kecepatan pertumbuhan mikroorganisme yang diinginkan. Keterbatasan elemen nutrisi dalam pangan dapat digunakan untuk mengontrol pertumbuhan mikroba.

### C. Kerangka Konseptual

Buah cempedak adalah buah multimanfaat, daging buahnya kaya zat gizi, khususnya vitamin A. Akan tetapi masyarakat masih sedikit membuat beraneka macam makanan dari bahan dasar cempedak selain hanya sebagai buah yang dikonsumsi daging buahnya, walaupun sebenarnya kulit dan bijinya pun mempunyai banyak manfaat. Umumnya masyarakat kurang variatif memanfaatkan biji cempedak sebagai bahan baku pangan, sehingga peneliti ingin memanfaatkan biji cempedak sebagai bahan baku pembuatan susu nabati yang kemudian diolah menjadi yoghurt melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroba (*Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*).

Susu nabati adalah susu yang diolah dari kacang-kacangan ataupun biji-bijian. Kandungan biji cempedak (*Artocarpus champenden*) hampir setara dengan kandungan kacang kedelai dan dapat dijadikan alternatif bahan utama pembuatan susu nabati.

Yoghurt merupakan produk susu hasil dari fermentasi. Proses pembuatan yoghurt dipengaruhi banyak faktor salah satunya adalah lama waktu fermentasi untuk menghasilkan kualitas yoghurt yang baik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui lama waktu fermentasi yang optimal berdasarkan uji organoleptik yoghurt berbahan dasar susu biji cempedak, sebagaimana dijelaskan skema dalam Gambar 2.5 berikut :



**Gambar 2.4 Kerangka Konseptual Penelitian**