

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ubi Jalar

Ubi jalar (*Ipomea batatas*) merupakan komoditas sumber karbohidrat utama setelah padi, jagung dan ubi kayu, serta mempunyai peranan penting dalam penyediaan bahan pangan, bahan baku industri maupun pakan ternak (Zuraida dan Suprpti, 2001). Ubi jalar dikonsumsi sebagai bahan makanan tambahan atau sampingan, kecuali Irian Jaya dan Maluku, ubi jalar digunakan sebagai bahan makanan pokok. Kandungan karbohidrat dalam ubi jalar dapat digunakan sebagai sumber karbon oleh bakteri *L. plantarum* (Rukmana, 1997; Panda dan Ray, 2008).



Ubi jalar



Ubi jalar yang telah dikupas

Gambar 1. Ubi jalar varietas Ciceh (dokumen pribadi)

Karakteristik fisik ubi jalar seperti ukuran, bentuk dan warna ubi perlu diketahui, karena berkaitan erat dengan pemanfaatannya (Aini, 2004). Ukuran ubi jalar terdiri dari tiga jenis, yaitu besar, sedang dan kecil, sedangkan bentuk dari ubi jalar berbentuk bulat sampai lonjong dengan permukaan rata sampai tidak rata (Rukmana, 1997). Warna kulit dan daging ubi jalar tidak selalu sama. Ubi jalar mempunyai warna kulit putih kotor, kuning, jingga dan ungu tua. Warna daging ubi jalar yaitu putih, krem, oranye dan jingga, tergantung jenis dan pigmen yang terdapat didalamnya (Bandeck dkk., 2005). Ubi jalar berdaging kuning memiliki pigmen β -karoten dan ubi jalar berwarna ungu memiliki pigmen antosianin (Yamakawa, 1998). Jumlah kandungan β -karoten dan antosianin dalam ubi jalar tergantung dari kepekatan warna ubi, semakin pekat warna ubi, maka jumlah pigmen dalam ubi akan semakin tinggi.

Ubi jalar dapat dimanfaatkan sebagai pengganti makanan pokok karena memiliki sumber kalori yang efisien. Ubi jalar juga mengandung komponen zat gizi yang penting, seperti protein, lemak, karbohidrat dan vitamin A (β -karoten). Jumlah komponen zat gizi tergantung pada varietas ubi jalar (Lingga, 1984). Kandungan vitamin A yang tinggi dicirikan oleh umbi yang berwarna kuning kemerah-merahan. Komponen gizi dalam ubi jalar selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen gizi ubi jalar dalam 100 g bahan segar

Kandungan Gizi	Jumlah		
	Ubi Putih	Ubi Merah	Ubi Kuning
Kalori (kal)	123.00	123.00	136.00
Protein (g)	1.80	1.80	1.10
Lemak (g)	0.70	0.70	0.40
Karbohidrat (g)	27.90	27.90	32.30
Air (g)	68.50	68.50	79.28
Serat kasar (%)	0.90	1.20	1.40
Kadar gula (%)	0.40	0.40	0.30
B-karoten (SI)	31.20	174.20	900*

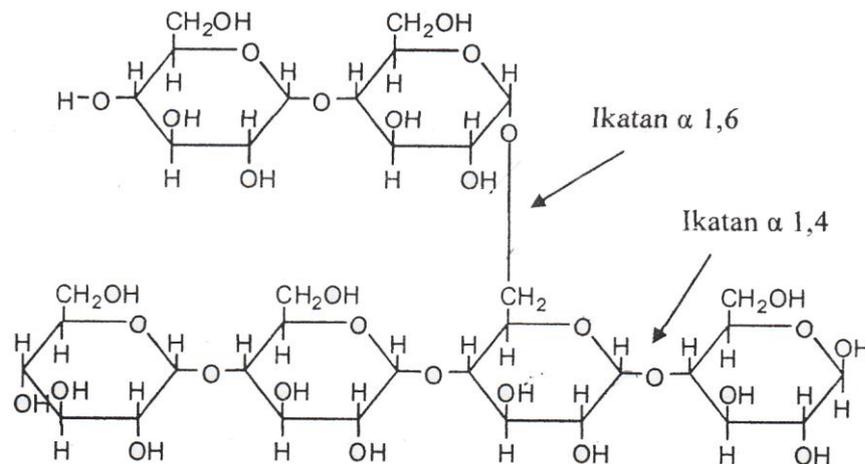
Sumber : Harnowo dkk. (1994), *Direktorat Gizi Depkes RI (1993)

Karbohidrat ubi jalar digolongkan ke dalam *low glycemic index* (LGI, 54), yang berarti cocok untuk penderita diabetes. Mengonsumsi ubi jalar tidak secara drastis menaikkan gula darah, berbeda halnya dengan sifat karbohidrat dengan GI tinggi, seperti beras dan jagung (Lingga, 1984).

B. Tepung

Pati merupakan bagian dari tepung. Pati adalah karbohidrat yang merupakan polimer glukosa yang terdiri atas amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan bagian polimer linier dengan ikatan α -(1 \rightarrow 4) unit glukosa. Derajat polimerisasi (DP) amilosa berkisar antara 500-6.000 unit glukosa, tergantung pada sumbernya. Adapun amilopektin merupakan polimer α -(1 \rightarrow 4) unit glukosa dengan rantai samping α -(1 \rightarrow 6) unit glukosa (Gambar 2). Ikatan α -(1 \rightarrow 6) unit glukosa ini

jumlahnya sangat sedikit dalam suatu molekul pati, berkisar antara 4-5%. Namun, jumlah molekul dengan rantai cabang yaitu amilopektin, sangat banyak dengan DP berkisar antara 10^5 dan 3×10^6 unit glukosa (Jacobs dan Delcour, 1998).



Gambar 2. Ikatan α 1,4 dan α 1,6 glikosida

Amilosa dan amilopektin merupakan komponen penting pembentuk struktur dasar pati, dan sangat mempengaruhi karakteristik fisikokimia pati yang dihasilkan. Karakteristik amilosa dan amilopektin secara fisik tertera pada Tabel 2. Amilosa memiliki karakteristik rantai relatif lurus, dapat membentuk film yang kuat, struktur gel yang kuat, serta apabila diberi pewarna iodin akan menghasilkan warna biru. Sementara itu, amilopektin memiliki karakteristik rantai bercabang, membentuk film yang lemah, struktur gel lembek, dan apabila diberi pewarna iodin akan menghasilkan warna coklat kemerahan (Thomas dan Atwell, 1997).

Tabel 2. Karakteristik amilosa dan amilopektin

Karakteristik	Amilosa	Amilopektin
Bentuk	Relatif lurus	Bercabang
Ikatan	α -(1 \rightarrow 4); [beberapa α -(1 \rightarrow 6)-]	α -(1 \rightarrow 4) dan α -(1 \rightarrow 6)
Berat molekul	50-500 juta g/mol	50-500 juta g/mol
Film	Kuat	Lemah
Struktur gel	Kuat	Lembek
Warna + iodin	Biru	Coklat kemerahan

Sumber: Thomas dan Atwell (1997)

C. Fermentasi Asam Laktat

Fermentasi adalah suatu aktivitas mikroorganisme terhadap senyawa molekul organik kompleks, seperti protein, karbohidrat, dan lemak yang mengubah senyawa-senyawa tersebut menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana, mudah larut, dan pencernaan tinggi. Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktivitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai (Hidayat dkk., 2006). Salah satu mikroba yang berperan pada fermentasi adalah bakteri asam laktat.

Bakteri asam laktat adalah kelompok bakteri gram positif yang berbentuk batang atau bulat, katalase negatif, tidak membentuk spora, pada umumnya tidak motil tetapi ada beberapa yang motil, suhu optimum pertumbuhan antara 20-40°C. Sifat-sifat khusus bakteri asam laktat adalah mampu tumbuh pada kadar gula,

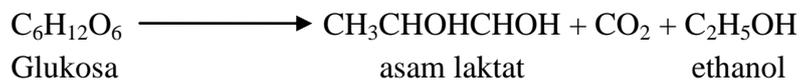
alkohol dan garam yang tinggi, tumbuh pada pH 3,8-8,0 serta memfermentasi berbagai monosakarida dan disakarida (Stamer, 1979).

Menurut Salminen dan Wright (1993), berdasarkan tipe fermentasi glukosa, bakteri asam laktat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu obligat homofermentatif, obligat heterofermentatif, dan fakultatif heterofermentatif. (1) Obligat homofermentatif, artinya gula hanya bisa difermentasi melalui jalur glikolisis. Kelompok ini tidak bisa mengkonsumsi pentosa. Hampir seluruh produk yang dihasilkan oleh kelompok bakteri ini berupa asam laktat, contoh : *L.acidophilus*, *L.delbruckii*, *L.helveticus*, *L.salivarius*. (2) Obligat heterofermentatif, artinya hanya jalur 6-phosphogluconate / phosphoketolase yang dapat digunakan untuk memfermentasi glukosa dengan hasil produk akhir berupa asam laktat, ethanol, asetat dan CO₂.

Perbedaan nyata pada level enzim di antara dua kategori tersebut adalah ada tidaknya secara berturut-turut enzim-enzim kunci glikolisis dan 6-phosphogluconate/phosphoketolase, FDP aldolase dan phosphoketolase. Kelompok obligat homofermentatif memiliki FDP aldolase dan tidak memiliki phosphoketolase, demikian sebaliknya untuk kelompok heterofermentatif, memiliki phosphoketolase dan tidak memiliki FDP adolase. Bakteri asam laktat pada kelompok ini adalah *L.brevis*, *L.bucheri*, *L.fermentum*, *L.reuteri*. (3) Fakultatif heterofermentatif, artinya bisa melalui kedua jalur sebelumnya, baik glikolisis maupun jalur 6-phosphogluconate / phosphoketolase. Kelompok ini bisa

mengonsumsi heksosa dan pentosa, contohnya *L.casei*, *L.plantarum*, *L.curvatus*, dan *L.sake*. Klasifikasi bakteri asam laktat pada tingkat genera didasarkan pada morfologi, model fermentasi gula, suhu pertumbuhan, kemampuan untuk tumbuh pada konsentrasi garam tinggi dan toleransi pada kondisi asam atau basa. Beberapa genera bakteri asam laktat meliputi *Lactobacillus Spp.*, *Lactococcus Spp.*, *Leuconostoc Spp.*, *Pediococcus Spp.*, *Aerococcus Spp.*, *Enterococcus Spp.*, *Carnobacterium Spp.*, *Vagococcus Spp.*, dan *Tetra genococcus Spp.* (Stamer, 1979).

Kelompok heterofermentatif memecah glukosa menjadi asam laktat, CO₂, ethanol, dan kadang-kadang asam asetat, kelompok heterofermentatif menghasilkan 50% asam laktat, ethanol, asam asetat, gliserol, manitol, dan CO₂. Proses fermentasi yang umum dari tipe ini :



Bakteri homofermentatif sering digunakan dalam pengawetan makanan karena jumlah asam yang tinggi dalam makanan dapat menghambat pertumbuhan bakteri lain. Bakteri asam laktat yang bersifat homofermentatif, misalnya *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus liquifaciens*, *Pediococcus cereviseae*, dan *Lactobacillus plantarum* (Salminen dan Wright, 1993).

Pada fermentasi heterofermentatif, senyawa-senyawa lain yang diproduksi seperti CO₂, sedikit asam-asam volatil, alkohol dan ester. Kelompok bakteri

heterofermentatif misalnya *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis* dan *Lactobacillus pentoacetium* (Fardiaz, 1992). Pembentukan asam selama proses fermentasi akan mengakibatkan kondisi substrat semakin asam.

Bakteri asam laktat tidak hanya berfungsi menurunkan pH media, tetapi juga menghasilkan antibiotik yang disebut bakteriosin, sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk. Selain itu, bakteri asam laktat juga memproduksi H_2O_2 dan produksi senyawa pembentuk aroma spesifik (Sudarmadji dkk., 1989).

Prinsip fermentasi asam laktat pada ubi jalar termodifikasi adalah memodifikasi sel ubi jalar dengan cara fermentasi menggunakan Bakteri Asam Laktat (BAL). BAL akan memproduksi enzim dan asam organik yang akan mendegradasi sebagian pati menjadi polimer yang lebih pendek rantainya sehingga memperbaiki sifat fungsional tepung (Salim, 2011). Asam organik yang dihasilkan juga akan memperbaiki aroma dan flavour serta mempertahankan warna tepung menjadi lebih baik sehingga memperbaiki sifat organoleptik produk (Vogel dkk., 2002).

Fermentasi ubi jalar secara spontan dilakukan tanpa adanya penambahan cairan pikel ubi jalar atau kultur murni seperti *L.plantarum*. Kontrol fermentasi terletak pada penambahan garam dan pengontrolan ruang (kondisi sedikit sampai tanpa udara) sedemikian rupa sehingga mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat. Titik kritis fermentasi spontan adalah pada tahapan pengkondisian anaerobik sampai sedikit aerobik. Kondisi ini dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan

bakteri asam laktat yang optimal pertumbuhannya pada kondisi aerofilik (Yuliana, 2009).

Menurut Sharpe (1979), BAL yang terlibat pada fermentasi spontan termasuk golongan heterofermentatif yang menghasilkan gas CO₂ selain asam-asam organik. Larutan garam yang ditambahkan berfungsi sebagai media selektif pertumbuhan mikroorganisme, dan bakteri asam laktat osmofilik diharapkan tumbuh dan berkembang pada fermentasi spontan.

Selanjutnya fermentasi dengan penambahan cairan pikel atau kultur murni seperti *L.plantarum* merupakan fermentasi secara terkontrol, karena akan mengurangi kontaminasi mikroorganisme kontaminan yang dominan di awal fermentasi (Li dan Yeh, 2001). Keuntungan penambahan cairan pikel atau kultur murni seperti *L.plantarum*, selain penghambatan mikroba kontaminan juga dapat diarahkan pada starter yang mempunyai efek anti bakteri, dan bakteri asam laktat dikenal sebagai bakteri yang mempunyai kemampuan menghasilkan senyawa anti bakteri seperti bakteriosin dan nisin (Elegado dkk., 2003).

D. Modifikasi Tepung Fermentasi

Tepung modifikasi fermentasi merupakan salah satu produk tepung yang diproses menggunakan prinsip memodifikasi sel ubi secara fermentasi oleh BAL yang mendominasi selama berlangsungnya fermentasi tersebut. Mikroba yang tumbuh menghasilkan enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat merusak dinding sel

ubi sedemikian rupa, sehingga terjadi pembebasan granula pati yang menyebabkan perubahan karakteristik dari tepung yang dihasilkan berupa naiknya viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi dan kemudahan melarut (Zubaidah dan Irawati, 2013)

Fermentasi sebagian pati akan mengalami hidrolisis menghasilkan monosakarida (gula) dan polimer dengan rantai yang lebih pendek kemudian menjadi asam-asam organik, terutama asam laktat. Senyawa asam ini akan bercampur dengan tepung sehingga ketika tepung tersebut diolah akan menghasilkan aroma dan cita rasa khas.

Selama fermentasi, BAL mendegradasi protein sehingga dapat menurunkan kadar protein pada ubi yang dapat mengakibatkan warna kecoklatan saat pengeringan sehingga warna tepung yang dihasilkan lebih putih dibandingkan warna tepung biasa atau tanpa fermentasi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian oleh Zubaidah dan Irawati (2011) tepung hasil fermentasi dapat mengurangi reaksi pencoklatan non enzimatis (*Maillard*). Reaksi pencoklatan non enzimatis (*Maillard*) terjadi bila gula pereduksi bereaksi dengan senyawa-senyawa yang mempunyai gugus NH_2 seperti protein, asam amino, peptida dan ammonium (Fardiaz, 1992).

E. Roti Tawar

Roti tawar merupakan salah satu jenis makanan yang berbentuk *sponge*, yaitu makanan yang sebagian besar volumenya tersusun dari gelembung-gelembung gas. Produk ini terdiri dari gas sebagai fase diskontinyu dan zat padat sebagai fase kontinyu (Matz, 1962). Berdasarkan bahan pengembang yang digunakan, roti tawar termasuk dalam *yeast raised goods*, yaitu adonan yang mengembang karena adanya karbondioksida yang dihasilkan dari proses fermentasi gula oleh yeast (Potter, 1978).

Pembuatan roti tawar perlu memperhatikan keseimbangan antara pembentukan gas (*gas production*) dan kemampuan menahan gas (*gas retention*), karena kedua hal tersebut mempengaruhi mutu roti tawar. Dua kriteria untuk menilai mutu roti tawar, yaitu kriteria luar meliputi volume, warna kulit (*color of crust*), keistimewaan bentuk (*symetry of form*), karakteristik kulit (*character of crust*), dan hasil pemotongan, serta kriteria dalam meliputi porositas (*grain*), warna daging roti (*color of crumb*), aroma, rasa, pengunyahan, dan tekstur (Jacobs, 1951). Dari beberapa kriteria tersebut yang paling umum digunakan untuk menilai mutu roti tawar adalah volume (tingkat pengembangan), porositas, tekstur, rasa, dan aroma. Volume, porositas, dan tekstur sangat dipengaruhi oleh keseimbangan antara pembentukan gas dan kemampuan menahan gas. Menurut SNI (1995), syarat mutu roti tawar ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Syarat mutu roti tawar

Kriteria uji	Satuan	Persyaratan
Kenampakan	-	Normal, tidak berjamur
Bau	-	Normal
Rasa	-	Normal
Kadar air	% b/b	Maksimal 40
Kadar abu	% b/b	Maksimal 1
Kadar NaCl	% b/b	Maksimal 2.5
Serangga	-	Tidak boleh ada

Sumber: SNI (1995)

1. Komponen Penyusun Roti Tawar

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan roti tawar adalah terigu, yeast dalam bentuk ragi instan, air, gula, garam, susu skim, dan shortening.

a) Terigu

Terigu gandum atau dalam perdagangan dikenal sebagai terigu diperoleh dari hasil penggilingan biji gandum (*Triticum aestivum*). Kualitas biji gandum akan sangat menentukan kualitas tepung yang dihasilkan. Terigu digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan berbagai macam roti karena mempunyai sifat yang khas, saat dibasahi dan diperlakukan secara mekanis akan membentuk adonan yang elastis dan mudah direntangkan, serta membentuk lapisan film (Potter, 1978).

Substansi yang ulet, elastis, dan mudah direntang yang terbentuk apabila tepung gandum dicampur dengan air atau cairan yang mengandung air tersebut disebut gluten (Sultan, 1981). Gluten merupakan protein utama dalam terigu yang terdiri dari gliadin (20-25%) dan glutenin (35-40%) yang berpengaruh terhadap daya elastisitas dalam adonan serta kekenyalan makanan atau menghasilkan sifat viskoelastis, sehingga adonan terigu dapat dibuat lembaran, digiling, dan dibuat mengembang (Pomeranz dan Shellenberger, 1971). Pada pembuatan roti tawar, glutenin menentukan waktu pencampuran dan pengembangan adonan, sedangkan gliadin menentukan volume roti. Ketika dipanggang adonan membentuk struktur seperti spons (*spongy structure*) dan struktur ini disukai oleh konsumen (Jacobs, 1951).

Terigu berfungsi untuk membentuk struktur karena gluten dapat bereaksi kompleks dengan karbohidrat. Pada umumnya, standar tepung yang digunakan didasarkan pada kadar air dan kadar gluten. Menurut Rakkar (2007), semakin banyak glutennya, kecepatan absorpsi air semakin tinggi. Gluten sangat diperlukan dalam pembuatan adonan roti tawar agar menghasilkan pengembangan adonan. Berdasarkan kandungan proteinnya, tepung gandum dibedakan menjadi dua, yaitu:

- (1) *Soft wheat*, yaitu tepung gandum dengan kandungan protein rendah yang disebut jenis *weak flour*, terbuat dari biji gandum dengan karakteristik luar yang lunak dan mudah pecah. Jenis tepung ini mempunyai daya serap air yang rendah sehingga sulit diaduk dan diragikan.

(2) *Hard wheat*, yaitu tepung gandum yang mempunyai kandungan protein tinggi, terbuat dari biji gandum dengan karakteristik luar yang keras dan tidak mudah pecah. Gandum ini mudah digiling dan menghasilkan tepung dengan kandungan protein yang bermutu tinggi dan disebut *strong flour*. Adonan hasil tepungnya mempunyai daya serap tinggi dan menghasilkan adonan yang kuat, kenyal dan mempunyai daya kembang yang baik.

Sifat adonan tergantung pada jenis tepung yang digunakan. *Strong flour* mengandung protein yang dapat direntang lebih lebar sebelum sobek, sedangkan *weak flour* mengandung protein pembentuk gluten lebih sedikit dan film yang terbentuk lebih mudah sobek. Dalam pembuatan roti tawar digunakan terigu jenis *strong flour* agar adonan yang dihasilkan mampu mengembang lebih besar dan dapat menghasilkan roti tawar dengan volume yang baik (Potter, 1978). Komposisi dari tepung terigu berprotein tinggi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi tepung terigu berprotein tinggi

Komposisi	Jumlah
Kadar air	14%
Protein	20%
Karbohidrat	25%
Lemak	2%
Vitamin A	10%
Vitamin B1	30%
Vitamin B2	40%
Vitamin B3	10%
Vitamin D3	10%
Asam folat	50%
Zat besi	20%
Seng	30%

Sumber: Kemasan produk terigu “Cakra Kembar Premium”

b) Yeast

Yeast terdiri dari sel-sel hidup dari *Saccharomyces cerevisiae*. Yeast terdapat dalam dua bentuk, yaitu bentuk padat dan garnula-granula kecil. Yeast berperan untuk menghasilkan enzim-enzim yang mengkatalis reaksi-reaksi dalam fermentasi. Enzim-enzim yang dihasilkan oleh yeast selama proses fermentasi adalah:

- (1) *Invertase*: mengubah sukrosa menjadi gula invert (glukosa dan fruktosa);
- (2) *Maltase*: mengubah maltosa menjadi glukosa; dan
- (3) *Zimase*: kompleks enzim yang dapat mengubah glukosa dan fruktosa menjadi CO₂ dan alkohol.

Dengan adanya enzim-enzim tersebut, yeast mampu menggunakan substrat glukosa, fruktosa, sukrosa, dan maltosa, tetapi tidak mampu menggunakan substrat gula dari susu atau laktosa (Charley, 1982). Pada proses fermentasi, yeast menghasilkan CO₂ sebagai salah satu hasil fermentasi yang kemudian diperangkap oleh gluten dan akibatnya adonan roti mengembang pada saat fermentasi (Sultan, 1981).

Kemampuan adonan untuk mengembang selama fermentasi disebabkan karena yeast mengubah gula-gula sederhana dalam adonan menjadi gas CO₂, alkohol (etanol), dan asam-asam organik. Etanol dan asam organik penting dalam memberikan aroma dan flavor pada roti (Matz, 1972).

c) Air

Fungsi air dalam pembuatan adonan adalah sebagai pelarut bahan-bahan, gelatinisasi pati (Greenwood, 1979), membantu aktivitas yeast dan enzim, serta membantu membentuk adonan. Banyaknya air yang ditambahkan tergantung pada kemampuan tepung mengabsorpsi air dan sifat hasil akhir yang dikehendaki. Air yang digunakan pada pembuatan roti tawar sebanyak 64-66% (Jacobs, 1951).

Air terdiri dari molekul H₂O yang berikatan satu sama lain dengan ikatan hidrogen yang bersifat polar. Ikatan hidrogen ini tidak hanya mengikat molekul-molekul air satu sama lain, tetap dapat menyebabkan pembentukan hidrat antara air dengan senyawa-senyawa lain yang mempunyai kutub oksigen dan nitrogen.

Sifat polar air tersebut melemahkan ikatan hidrogen dalam komponen lain, sehingga mempercepat pencampuran dalam pembentukan adonan (Auran dan Woods, 1973).

d) Gula

Gula berfungsi memberi rasa manis, menambah rasa lembut, membantu proses penyebaran, juga pembentuk kulit roti tawar (Smith, 1972). Terbentuknya kulit roti berwarna coklat dapat disebabkan oleh terjadinya karamelisasi gula pada permukaan adonan. Warna coklat pada kulit roti juga disebabkan oleh terjadinya reaksi antara gula reduksi dengan protein yang disebut dengan reaksi *Maillard*. Reaksi tersebut menghasilkan senyawa berwarna coklat yang disebut *melanoidin*.

Daya larut yang tinggi dari gula dan kemampuan mengikat air merupakan sifat-sifat yang menyebabkan gula dipakai dalam pengawetan pangan (Buckle dkk., 1987). Menurut Damodaran dkk (2008) gula dapat membentuk flavor melalui reaksi pencoklatan. Penggunaan gula halus atau tepung gula bertujuan mempercepat pemerataan kenampakan.

Gula juga digunakan sebagai substrat yeast, untuk pertumbuhan yeast maupun sebagai penyedia bahan yang dapat diubah menjadi gas pada fermentasi. Gula dalam adonan juga dapat digunakan untuk mempertahankan kelembaban, memperpanjang kesegaran roti, dan menambah nilai nutrisi produk (Sultan, 1981).

e) Garam

Dalam pembuatan roti tawar, garam diperlukan dalam adonan untuk memperbaiki flavor, memperkuat gluten dan mengatur fermentasi. Dengan demikian, penggunaan garam mempunyai dua fungsi, yaitu membuat roti yang dihasilkan memiliki rasa lebih enak dan berfungsi dalam rheologi adonan dengan mendukung fungsi gluten dalam membentuk adonan (Sultan, 1981).

f) Susu

Menurut Sultan (1981), susu berperan membentuk flavor spesifik dan membantu terjadinya pencoklatan pada kulit roti tawar karena susu mengandung gula reduksi yaitu laktosa. Laktosa merupakan gula yang tidak langsung difermentasi dan selama pemanggangan akan mengalami karamelisasi, sehingga terbentuk kulit yang kecoklatan.

g) Shortening

Lemak dalam adonan berfungsi melunakkan dan memberikan kelembutan pada makanan, berperan juga sebagai pelumas dalam pencegahan pengembangan protein yang berlebihan selama pembuatan adonan.

Mentega yang digunakan dapat berperan sebagai shortening yang berperan memberi nilai gizi, kelembutan, rasa enak, flavor yang spesifik juga berpengaruh pada tekstur yang dihasilkan (Sultan, 1981). Lemak yang biasa digunakan adalah lemak yang sudah dijenuhkan (*hydrogenated fat*) dan tanpa rasa, seperti lemak

tumbuhan atau margarin. Pada pembuatan roti tawar biasa digunakan lemak nabati (Sultan, 1981) untuk meningkatkan *eating quality*.

h) Pelembut

Pelembut (IF-100), mempunyai komposisi yaitu enzim amilase berfungsi menurunkan kekenyalan adonan karena adanya perubahan komposisi amilosa dan amilopektin dalam pati terigu. Penambahan enzim amilase pada adonan untuk menjaga konstannya pembentukan maltosa yang akan digunakan oleh ragi untuk membentuk gas karbondioksida dan etanol selama proses fermentasi serta mempertahankan keempukan roti tawar lebih lama, memperbaiki warna sehingga tampak lebih cerah dengan serat yang lembut, mempertahankan kadar air agar roti tidak mudah kering, memudahkan adonan untuk diolah serta menghemat waktu pengadukan karena adonan lebih mudah kalis (Winarno, 2002).

2. Proses Pembuatan Roti Tawar

Proses pembuatan roti tawar melewati tiga proses utama, yaitu pembuatan adonan, fermentasi, dan pemanggangan. Metode dalam pembuatan roti tawar ada tiga, yaitu *Straight Dough*, *Sponge Dough* dan *No Time Dough*.

Metode *Straight Dough* (metode langsung) dilakukan dengan mencampur semua bahan dalam satu pelaksanaan dan diragikan (fermentasi dengan yeast) dan dipanggang, metode *No Time Dough* (metode cepat) dilakukan dengan menggunakan fermentasi yang cepat, sedangkan metode *Sponge Dough* (metode

tidak langsung) melewati dua tahap pencampuran maupun fermentasi, yaitu tahap pertama mencampur sebagian terigu, air, dan yeast, serta diragikan hingga membentuk adonan mengembang yang disebut biang (*sponge*), kemudian mencampur bahan-bahan yang lain bersama *sponge* tersebut dan difermentasikan kembali (Nur'aini, 2011).

Secara umum tahapan pembuatan roti tawar meliputi:

a. Pencampuran

Dalam proses pencampuran adonan terjadi distribusi komponen-komponen bahan secara seragam dan mendehidrasi partikel-partikel tepung sehingga dihasilkan adonan yang mempunyai kadar air cukup. Selain itu, pencampuran dapat membentuk gluten yang nantinya dapat menahan gas (Scade, 1975 dalam Sulistyaningsih 1986).

Menurut Charley (1982), ketika partikel-partikel tepung gandum dibasahi dan kemudian diperlakukan secara mekanis, akan terbentuk massa yang lekat dan mempunyai sifat viskoelastis yang disebut gluten. Air yang diserap oleh protein dapat mencapai 200% dari beratnya, sedangkan pati akan menyerap air $\pm 30\%$ dari beratnya (Lowe, 1943). Kemampuan tepung untuk mengikat air mempengaruhi sifat-sifat adonan. Tepung yang mengikat sedikit air akan menghasilkan adonan yang tidak elastis dan kaku.

Pencampuran yang kurang akan menghasilkan adonan yang kurang elastis, volume roti sangat kurang dan roti mudah runtuh (*collapse*) pada saat mengembang sebelum pemanggangan. Hal ini disebabkan kemampuan gluten yang kurang dalam menahan gas dalam adonan. Sedangkan pencampuran yang berlebihan akan merusak struktur gluten. Adonan roti tawar yang terbentuk pada proses pencampuran harus bersifat elastis dan ketika direntangkan dapat kembali seperti semula (Charley, 1982).

b. Fermentasi

Fermentasi merupakan proses perubahan suatu bahan (*raw material*) menjadi bahan lain (produk) oleh mikrobia atau enzim yang dapat meliputi reduksi, oksidasi, transformasi, hidrolisis, polimerisasi, biosintesa kompleks, dan pembentukan sel. Proses fermentasi pada pembuatan roti tawar yaitu membiarkan adonan yang diperoleh dari proses pencampuran selama waktu tertentu untuk mendapatkan adonan yang mengembang dari CO₂ yang dihasilkan oleh yeast. Fermentasi adonan roti tawar akan mengubah karbohidrat menjadi CO₂ dan alkohol (Sultan, 1981).

Menurut Pomeranz dan Shellenberger (1971), selain CO₂ dan alkohol, fermentasi juga menghasilkan asam-asam organik dalam jumlah kecil yang dapat mempengaruhi flavor roti dan protein. Kenaikan asam akan mengakibatkan adonan menjadi tidak terlalu lekat dan lebih elastis karena sebagian protein larut akan menggumpal pada pH yang mendekati titik isoelektris (Charley, 1982).

Etanol dan asam organik akan memberikan aroma dan flavor pada roti (Matz, 1972).

c. Pemanggangan

Pemanggangan akan menyebabkan kenaikan suhu. Dalam pemanggangan terjadi pengembangan adonan, kehilangan air, pencoklatan kulit, dan bentuk roti menjadi tetap (Haryadi, 2004).

Produksi gas oleh yeast berlanjut pada saat suhu adonan meningkat pada awal pemanggangan. Pada saat suhu adonan melebihi 43°C, laju pembentukan gas turun, dan akhirnya berhenti pada suhu 55°C. Pada saat permukaan adonan secara cepat memanas dan kegiatan yeast berhenti, konduktivitas gas CO₂ beberapa lama setelah kerak (kulit) terbentuk. Gaya yang ditimbulkan oleh bagian tengah yang mengembang mengakibatkan pengembangan di bagian terbuka, misalnya ke atas dan ke samping. Adonan juga dikembangkan karena tekanan uap dan gas yang terperangkap. Pada pemanggangan, adonan mengalami kehilangan air (dehidrasi). Hal ini menyebabkan lapisan gluten (yang memerangkap dan memisahkan gas satu sama lain dengan membentuk lapisan pelindung menjadi seperti buih) menjadi tegar dan tekanan dalam gelembung gas merobek lapisan pelindung, kemudian buih pada adonan berubah menjadi *sponge* (sistem yang semua sel-sel terbuka dan saling berhubungan), selain itu, juga terjadi reaksi *Maillard* yang terjadi mulai suhu 150°C dan menyebabkan kulit roti berwarna coklat (oleh senyawa *mellanoidin*) (Anggadajaja, 2002).