



Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit 94 Bandung 40141, telp. +62 22 2030918-20 ext 148, 144
Fax. +62 22 2034847, email: lppm@home.unpar.ac.id

LAPORAN PENELITIAN

EFEK JENIS DAN JUMLAH *GLUTEN* *SUBSTITUTE* SERTA PUTIH TELUR DALAM PEMBUATAN ROTI TAWAR KOMPOSIT

Oleh:

Judy Retti Witono

Angela J.Kumalaputri

Stephanus Ryan Supomo



JURUSAN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

BANDUNG

2011

Abstrak

Peningkatan konsumsi roti oleh masyarakat di Indonesia saat ini mendorong tingginya impor tepung gandum. Seringkali pula ketersediaan tepung tsb. tidak parallel dengan kebutuhan. Masalah yang timbul apabila penggunaan tepung gandum dalam roti diganti dengan tepung lain adalah tidak adanya struktur jaringan yang bisa terbentuk untuk menahan gas CO₂. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan roti tawar komposit yang mengandung tepung singkong dengan penambahan *gluten substitute*. Analisa terhadap karakteristik roti yang dihasilkan meliputi *shelf life*, kekerasan roti, densitas, daya kembang, struktur *crumb* dan warna *crust*. Metodologi penelitian yang dilakukan terdiri dari penentuan waktu pencampuran, fermentasi I dan fermentasi II. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan adonan roti dengan perbandingan penggunaan tepung terigu : tepung singkong = 2:1 dan 1:1. Pengganti gluten (*gluten substitute*) yang ditambahkan adalah carboxymethylcellulose (CMC) dan xanthan gum (XG) dengan variasi 2% dan 3% serta variasi tanpa dan dengan penambahan 10% putih telur. Analisa terhadap kekerasan roti menggunakan Texture Analyzer CT3-Brookfield dan menunjukkan hasil antara 41 – 465.5 g. Daya kembang roti diukur secara metrik. Pertumbuhan jamur pada semua sample yang disimpan pada suhu ruang muncul pada hari ketiga. Roti yang menunjukkan hasil terbaik dalam artian yang mempunyai nilai kekerasan terendah, daya kembang tertinggi, warna crust dan struktur crumb yang dapat diterima adalah roti komposit dengan variasi ratio tepung terigu : tepung singkong = 2:1 dengan penambahan 10% putih telur dan 2% CMC. Untuk mendapatkan roti yang berbasis tepung singkong saja dengan karakteristik yang menyamai roti yang berbasis tepung terigu masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR ISI

Abstrak / Ringkasan penelitian	i
Daftar Isi	ii
BAB I Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Urgensi penelitian	2
BAB II Tinjauan Pustaka	3
2.1. Gluten	3
2.2. Bahan Pengganti Gluten (<i>Gluten Substituted</i>)	5
2.2.1. Xanthan Gum	5
2.2.2. Carboxyl Methyl Cellulose (CMC)	7
2.2.3. Guar Gum	8
2.3. Pati	9
2.3.1. Karakteristik Pati	13
2.3.1.1. Gelatinasi (<i>gelatinization</i>) dan Pembengkakan (<i>swelling</i>).....	13
2.3.1.2. Retrogradasi	14
2.3.1.3. Bentuk dan Ukuran Granula Pati	15
2.3.1.4. Viskositas	15
2.4. Roti Tawar	17
2.4.1. Bahan Dasar	17

2.4.2. Bahan Pendukung	20
2.4.3. Tahap Pembuatan Roti Tawar	24
BAB III Metodologi Penelitian	29
3.1. Variabel Percobaan	30
3.2. Metode Penelitian	32
3.2.1. Percobaan Pendahuluan	32
3.2.2. Percobaan Utama	33
3.3. Analisa	34
BAB IV Hasil dan Pembahasan	36
4.1. Penentuan waktu optimum dengan bahan baku utama terigu	36
4.2. Penentuan waktu optimum dengan bahan baku utama tepung singkong dan CMC	39
4.3. Penentuan waktu optimum dengan bahan baku utama tepung singkong, CMC dan putih telur	41
4.3.1. Fermentasi I	42
4.3.2. Fermentasi II	43
4.3.3. Proses Pemangangan	44
4.4. Penentuan waktu optimum dengan bahan baku utama tepung komposit, CMC dan putih telur	45
4.4.1. Fermentasi I	46
4.4.2. Fermentasi II	46
4.4.3. Proses Pemangangan	47
4.5. Percobaan Utama	47
4.5.1. <i>Shelf Life</i> Roti Tawar	49

4.5.2. Densitas Roti Tawar	51
4.5.3. Daya Kembang Roti Tawar	55
4.5.4. Kekerasan Roti (<i>hardness</i>)	63
4.5.5. Warna Produk	67
4.5.6. Struktur <i>Crumb</i> Roti Tawar	69
BAB V Kesimpulan dan Saran	71
Daftar Pustaka	72
LAMPIRAN A. Prosedur Analisis	74
LAMPIRAN B. Hasil Antara	77
LAMPIRAN C. Contoh Perhitungan	80
LAMPIRAN D. Dokumentasi	81

ooooOOOoooo

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Peran roti tawar yang semula hanya sebagai makanan ringan saja, seiring perkembangan jaman telah berubah menjadi makanan pokok pengganti nasi. Hal tersebut didukung dengan perolehan data Badan Pusat Statistik yang dapat dilihat pada tabel 1.1 dimana jumlah produksi roti menunjukkan kenaikan dari tahun ke tahun. Kenaikkan jumlah produksi roti tawar ini, tentunya juga dipengaruhi oleh makin banyaknya permintaan konsumen di pasaran.

Tabel 1.1. Data Produksi Roti Tawar di Indonesia

Tahun	Jumlah Produksi (Ton)	Nilai Produksi (Ribu Rupiah)
2001	22.749	124.636,695
2002	24.547	125.487,235
2003	25.102	123.285,362
2004	26.263	128.554,148

[Sumber : Badan Pusat Statistik, 2004]

Akan tetapi karena Indonesia harus mengimpor terigu sebagai bahan bakunya, maka tingkat pembelian gandum di Indonesia semakin tinggi saja berarti penyerapan devisa untuk itu juga meningkat terus. Karena harga gandum yang cukup tinggi maka harga penjualan roti juga semakin tinggi. Harga terigu mengalami kenaikan yang konstan sebesar 4,5% di Bulan Agustus 2007 – November 2007, dan terus mengalami kenaikan hingga Maret 2008 [Harian Kompas, 2007].

Usaha pembuatan roti tawar dengan mensubstitusi tepung terigu sudah mulai dilakukan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sampai saat ini, ternyata peranan tepung terigu belum dapat digantikan 100%.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

- Mengembangkan roti komposit yang merupakan campuran tepung terigu dan tepung singkong dengan bantuan zat aditif makanan (xanthan gum dan CMC – carboxyl methyl cellulose) serta putih telur sehingga didapat roti tawar dengan roti tawar dari tepung terigu murni.
- Mempelajari mikro struktur dari *crumb* roti komposit yang dihasilkan.

1.3. Urgensi Penelitian

Pemanfaatan tepung singkong sebagai bahan baku produk diversifikasi pangan mendorong peningkatan nilai tambah dari pati tsb. Dan karena penanaman singkong (bahan baku pati singkong) adalah para petani maka dengan demikian dapat meningkatkan taraf hidup mereka juga.

Karena substitusi tepung terigu dalam pembuatan roti sampai saat ini masih mempunyai kendala dalam sifat fisik roti yang dihasilkannya, maka peranan utama terigu masih sulit untuk digantikan. Salah satu cara yang biasa dilakukan adalah menambahkan gluten dalam roti komposit tsb. Tetapi harga gluten yang mahal dan juga banyaknya orang yang mempunyai bawaan *gluten intolerance* menjadi kendala. Maka diharapkan penelitian ini dapat memberikan sumbangsih bagi perkembangan pembuatan roti di Indonesia

BAB II

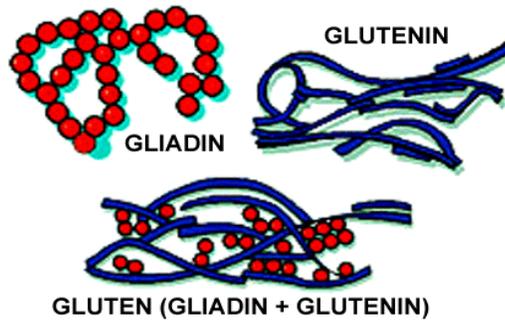
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gluten

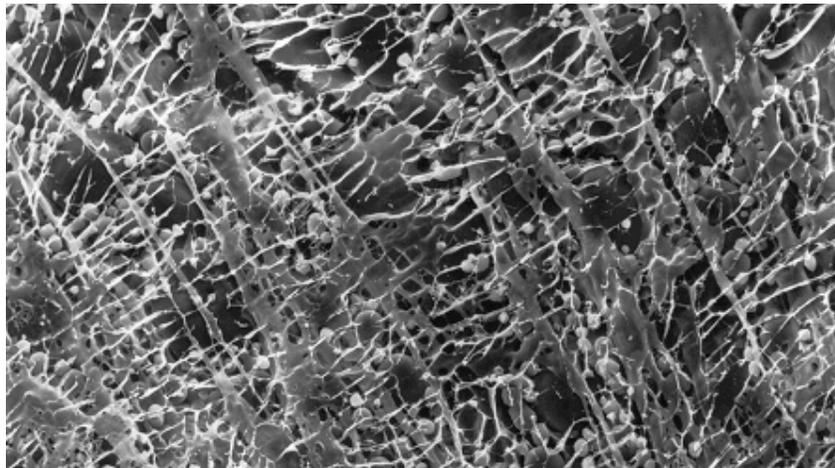
Gluten merupakan campuran amorf (bentuknya tidak beraturan) dari protein yang terkandung bersama pati dalam endosperma. Gluten adalah protein yang bersifat lengket dan elastis yang terkandung di dalam beberapa jenis sereal, terutama gandum, jewawut (barley), ryedan sedikit dalam.

Tepung terigu memiliki kandungan gluten yang paling banyak. Kandungan gluten dalam tepung terigu mencapai 80% dari keseluruhan protein dalam tepung. Pada pembuatan roti, gluten memiliki peranan yang penting. Gluten mampu membuat kerangka atau struktur dari adonan. Kerangka gluten ini berfungsi untuk menahan gas CO₂ yang berasal dari aktivitas ragi. Dengan menahan gas CO₂ dalam adonan, akan mengakibatkan roti memiliki bentuk yang menarik (berongga-rongga).

Tepung terigu tersusun atas beberapa gugus protein, baik yang larut dalam air maupun yang tidak larut dalam air. Terdapat 3 gugus protein yang larut dalam air, yaitu albumin, globulin, dan proteoses. Sedangkan untuk gugus protein yang tidak larut dalam air ada 2, yaitu gliadin dan glutenin. Glutenin dan gliadin adalah gugus protein utama dalam pembentukan gluten. Gliadin adalah prolamin (kelompok protein) yang bersifat larut dalam alcohol dan memiliki berat molekul 75.000 Da. Glutenin memiliki berat molekul 20.000 Da. Berbeda dengan gliadin, glutenin tidak larut dalam alcohol, akan tetapi larut dalam larutan asam dan basa. Dilihat dari bentuk polimernya, gliadin dan glutenin juga berbeda. Gliadin merupakan polimer protein linier, sedangkan glutenin memiliki struktur yang lebih besar dan kompleks [en.wikipedia.org/wiki/Glutenin, 2010].



Gambar 2.1. Struktur Gliadin, Glutenin, dan Gluten



Gambar 2.2. Jaringan Gluten

Peran gluten dalam pembuatan roti sangatlah vital, akan tetapi dengan keberadaan gluten pula timbul beberapa dampak negatif. Kandungan gluten dalam makanan juga tidak baik dikonsumsi bagi anak-anak autis. Gluten merupakan suatu protein. Protein (yang terbentuk dari rangkaian beberapa asam amino) dalam saluran pencernaan dipecah menjadi asam amino tunggal dan bentuk paling sederhana inilah yang diserap oleh tubuh. Kebanyakan anak penyandang autis mempunyai masalah dalam proses mencerna/ memecah protein gluten. Akibatnya struktur protein gluten dalam saluran cerna anak autis tidak terpecah secara sempurna menjadi asam amino tunggal melainkan masih dalam bentuk

peptida. Saat usus halus sudah tidak mampu menyerap, terjadi kebocoran dan peptide masuk ke dalam darah dan dialirkan sampai ke otak. Peptida dari gluten memiliki struktur yang cocok menduduki reseptor opioid dan berikatan. Reseptor opioid biasanya diduduki oleh zat opioid (morphin). Oleh karena itu, gluten menyebabkan penderita autis jadi hiperaktif.

Dampak negative dapat disebabkan oleh gluten bagi orang yang menderita *coeliac diseases*. Coeliac disease adalah penyakit yang mengganggu saluran pencernaan sehingga tak bisa menyerap nutrisi secara baik. Tubuh orang dengan coeliac disease akan menganggap gluten sebagai antigen / allergen. Tubuh akan diserang oleh gluten, sehingga menimbulkan efek alergi. Efek alergi yang ditimbulkan dapat berupa diare atau konstipasi.

Untuk mengakomodasi orang yang alergi terhadap gluten, banyak cara telah diupayakan. Dalam pembuatan roti sendiri telah dilakukan usaha, antara lain adalah mengganti keberadaan gluten tersebut dengan *gluten substituted* dan dengan memodifikasi bahan baku pembuatan roti.

2.2. Bahan Pengganti Gluten (*Gluten Substituted*)

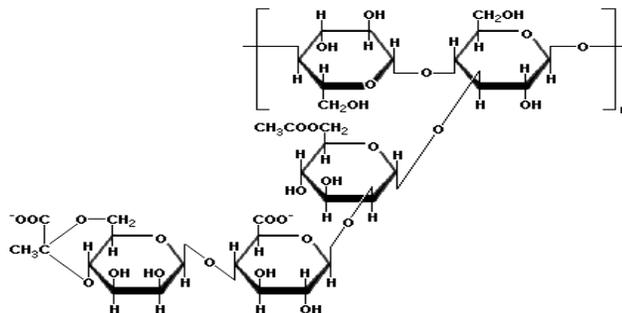
Bahan pengganti gluten (*gluten substituted*) biasanya merupakan suatu hidrokoloid. Hidrokoloid sendiri adalah suatu polimer larut dalam air, mampu membentuk koloid dan mampu mengentalkan larutan atau membentuk gel dari larutan tersebut [en.wikipedia.org/wiki/Colloid, 2010]. Berikut adalah beberapa bahan pengganti gluten yang digunakan dalam pembuatan roti.

2.2.1 Xanthan Gum

Xanthan gum adalah suatu polisakarida. Xanthan gum merupakan hasil dari proses fermentasi glukosa atau sukrosa oleh bakteri *Xanthomonas campestris*. Setelah masa fermentasi, polisakarida ini diendapkan dari medium pertumbuhan dengan isopropil alkohol, dikeringkan, dan dijadikan bubuk halus. Kemudian, itu

akan ditambahkan ke medium cair untuk membentuk lembaran elastis yang disebut gum.

Hidrokoloid adalah suatu polimer larut dalam air, mampu membentuk koloid dan mampu mengentalkan larutan atau membentuk gel dari larutan tersebut. Secara bertahap istilah hidrokoloid yang merupakan kependekan dari koloid hidrofilik ini menggantikan istilah gum karena dinilai istilah gum tersebut terlalu luas artinya. Gum adalah molekul dengan bobot molekul tinggi bersifat hidrofilik maupun hidrofobik, biasanya bersifat koloid dan dalam bahan pengembang yang sesuai dapat membentuk gel, larutan ataupun suspensi kental pada konsentrasi yang sangat rendah. Berdasarkan definisi di atas, maka hidrokarbon berbobot molekul tinggi dan produk-produk sampingan dari minyak bumi yang umumnya larut dalam minyak termasuk dalam golongan gum karena memenuhi kriteria di atas.



Gambar 2.3. Struktur Molekul Xanthan Gum

Dalam berbagai produk xanthan gum setiap 100gram mengandung: Protein 6gram, energi 1.497kJ/358kcal, karbohidrat 81gram, Sodium 3846mg, Fat 0.5gram, dan Serat 84gram. Pada dasarnya tidak mengandung vitamin dan mineral.

Menurut percobaan yang telah dilakukan Michelle M. Moore dkk [2006], adonan roti dengan bahan baku berupa tepung beras, pati kentang, tepung jagung,

dan tepung kedelai, ditambahkan dengan 1% xanthan gum dan enzim transglutaminase akan menghasilkan roti tawar bebas gluten dengan volume kembang lebih besar, berpenampilan menarik, serta memiliki karakteristik *crumb* yang baik.

2.2.2. Carboxyl Methyl Cellulose (CMC)

Salah satu contoh lain bahan pengganti gluten (*gluten substituted*) adalah Carboxyl Methyl Cellulose. Carboxyl Methyl Cellulose atau yang dikenal juga dengan CMC merupakan senyawa turunan dari selulosa. CMC terdiri dari gugus karboksil ($-\text{CH}_2\text{-COOH}$) dan bersifat polar. Gugus karboksil pada CMC berikatan dengan gugus hidroksil, yaitu monomer glukopiranos. CMC merupakan senyawa polimer semisintetis yang dapat larut dalam air.

Berikut sifat-sifat dari CMC:

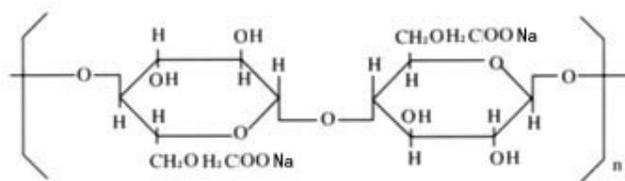
1. Tidak berwarna
2. Tidak berbau
3. Tidak beracun
4. Higroskopis
5. Dapat membentuk larutan koloid
6. Tidak larut dalam larutan organik
7. Memiliki pH 6,5-8
8. Stabil digunakan pada pH 2-10

Keberadaan CMC di pasaran sangat banyak, sehingga mudah diperoleh dan juga memiliki harga yang relative murah. Oleh karena sifatnya yang tidak beracun, CMC sering digunakan dalam berbagai industri, khususnya industri makanan. Penggunaan CMC sering dijumpai dalam produk makanan diet (pil diet) dan es krim. Fungsi CMC yang terpenting adalah sebagai pengental (pengubah viskositas), stabilisator, pembentuk gel, sebagai pengemulsi dan dalam beberapa hal dapat meratakan penyebaran antibiotik.

CMC sebagai emulsifier artinya CMC kemampuan untuk menyatukan dua jenis bahan yang tidak saling larut oleh karena molekulnya terdiri dari gugus hidrofilik dan lipofilik sekaligus. Gugus hidrofilik mampu berikatan dengan air atau bahan lain yang bersifat polar, sedangkan gugus lipofilik mampu berikatan dengan minyak atau bahan lain yang bersifat non polar. Sebagai pengemulsi, CMC sangat baik digunakan untuk memperbaiki penampakan tekstur dari produk berkadar gula tinggi. Sebagai pengental, CMC mampu mengikat air sehingga molekul-molekul air terperangkap dalam struktur gel yang dibentuk oleh CMC

Dalam pembuatan mie dan roti, CMC berfungsi sebagai pengembang. Bahan ini dapat mempengaruhi sifat adonan, memperbaiki ketahanan terhadap air, dan mempertahankan keempukan selama penyimpanan. CMC juga digunakan pada industry detergen, sabun, pasta gigi, obat pencahar, cat, farmasi, kosmetik, produk kertas, dan tekstil.

Menurut percobaan yang telah dilakukan E. Mettler [1993], adonan roti dengan penambahan 0,15% guar gum, 0,6% CMC, 0,3% MDG dan 0,6% DATEM sebagai emulsifier akan menghasilkan roti yang mampu mengembang lebih besar, struktur rongga *crumb* yang lebih baik.

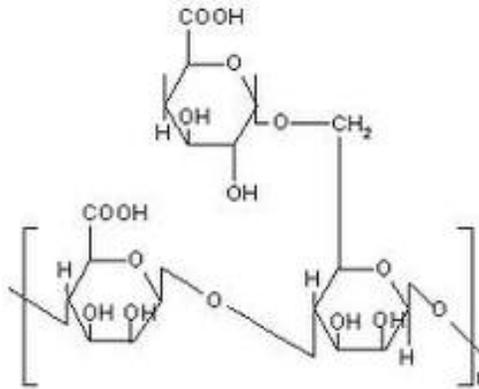


Gambar 2.4. Struktur molekul CMC

2.2.3. Guar Gum

Secara kimia, Guar gum adalah polisakarida yang terdiri dari galaktosa dan mannose. Rantai utamanya adalah rantai linear mannose dengan ikatan β 1,4

yang terhubung dengan galaktosa pada ikatan 1,6 di setiap mannose kedua, membentuk percabangan rantai pendek. Oleh karenanya memungkinkan gum guar dapat larut dan dapat membentuk gel dalam air.



Gambar 2.5 Struktur Molekul Guar Gum

Guar gum berasal dari ekstrak biji guar (guar bean) atau tetragonoloba cyamopsis. Ekstrak ini mengandung sekitar 80% galaktomanan, 10% air, dan 10% protein termasuk sejumlah logam dan abu. Jumlah pengotor ini bergantung pada jenis, sumber, dan proses pemurniannya. Guar gum juga biasa disebut sebagai Guaran. Di pasaran, Guar gum dinilai lebih efektif dalam pertimbangan harga dibandingkan dengan *thickener* dan *stabilizer* lainnya. Produk Guar gum yang dipasarkan adalah berbentuk serbuk dengan warna putih kekuningan dan memiliki bau yang khas.

Sifat dari guar gum antara lain:

- Larut dalam air panas maupun dingin, tapi tidak larut dalam kebanyakan pelarut organik.
- Memiliki sifat-sifat ikatan hidrogen yang kuat.
- Memiliki sifat sebagai *thickener*, emulsifier, stabilizer dan pembentuk film yang baik.
- Memiliki kemampuan yang sangat baik untuk mengendalikan reologi oleh manajemen air fasa.

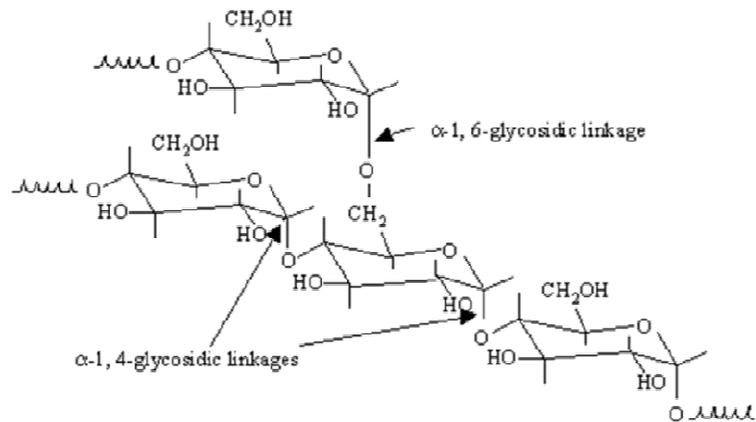
- Viskositas guar gum dipengaruhi oleh suhu, pH, kehadiran garam dan padatan lainnya.

Guar gum dan turunannya banyak digunakan di berbagai industri, seperti makanan, tekstil, farmasi, perawatan pribadi, kesehatan, kosmetik, kertas, bahan peledak, pertambangan dan pengeboran sumur minyak. Guar gum terutama berfungsi sebagai pengental, emulsifier, stabilizer, bahan pengikat, gelling agen, serat alami, flokulan, dll

Menurut percobaan yang telah dilakukan E. Mettler [1995], adonan roti dengan penambahan 0,3% guar gum, 0,6% CMC, dan 0,8% emulsifier akan menghasilkan produk dengan volume kembang yang lebih besar, struktur *crumb* yang baik serta elastik.

2.3 Pati

Pati atau amilum adalah senyawa karbohidrat kompleks (polisakarida) yang terdiri dari glukosa, memiliki sifat tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar, dan tidak berbau. Pati merupakan produk utama tumbuhan yang dihasilkan melalui proses fotosintesis. Pati yang terbentuk digunakan untuk menyimpan kelebihan glukosa yang berfungsi sebagai cadangan makan. Cadangan makanan inilah yang biasanya disimpan dalam umbi, akar, batang, biji, dll. Pati memiliki rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$.



Gambar 2.6 Struktur Pati

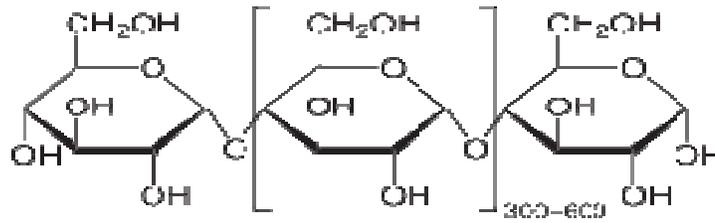
Pati terdiri atas 2 komponen utama, yaitu

1. Amylose

Amylose adalah molekul glukosa (300-3000 unit) yang saling berikatan melalui gugus glukopiranososa α -(1,4) dan membentuk rantai lurus. Adanya ikatan α -(1,4)-glikosidik menyebabkan bentuk struktur molekul berbentuk *helix* (spiral). Kandungan amylase dalam pati sekitar 17% massa. Amylose merupakan pendorong sifat gelling pada pati [en.wikipedia.org/wiki/Amylose, 2010]. Amylose memiliki sifat hidrofilik (pada sisi luar, karena mengandung banyak gugus hidrosil) sekaligus hidrofobik (pada bagian dalam).



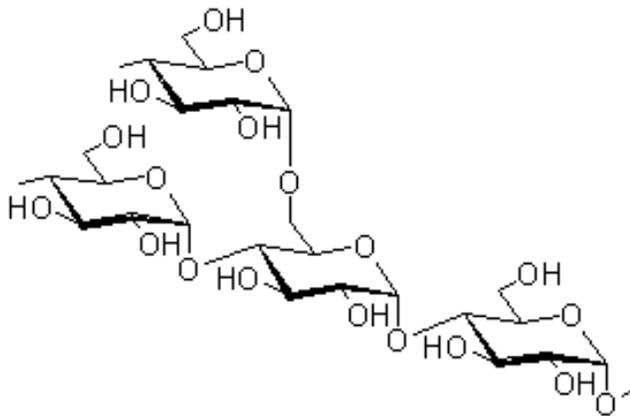
Gambar 2.7 Molekul Amylose bentuk helix



Gambar 2.8 Struktur Molekul Amylose

2. Amylopectin

Struktur kimia dari *amylopectin* jauh lebih kompleks jika dibandingkan dengan *amylose*. Terdiri dari dari 2000-20000 unit glukosa yang di dalam rantai percabangannya saling berikatan melalui gugus α -(1,6)-glikosidik. Ikatan α -(1,6) ini sukar diputuskan.



Gambar 2.9 Struktur Molekul Amylopectin

Tabel 2.1 Karakteristik dari Amylose dan Amylopectin

Karakteristik	Amylose	Amylopectin
Bentuk	Linear	Bercabang
Linkage	α -(1,4)	α -(1,6)
Berat Molekul	< 0.5 juta	50 – 500 juta
Film	Kuat	Lemah

Formasi Gel	Firm	Non-gelling to soft
Warna dengan iodine	Biru	kecoklatan
Retrogradasi	Cepat	Lambat

Sumber: David J. Thomas and William A. Atwell

Tabel 2.2. Kandungan Amylose dan Amylopectin dalam Variasi Starch

Jenis Strach	Kandungan Amylose (%)	Kandungan Amylopectin (%)
Dent corn	25	75
Waxy corn	< 1	>99
Tapioca	17	83
Potato	20	80
High-amylose corn	55 – 70 (or higher)	45 – 30 (or lower)
Wheat	25	75
Rice	19	81

Sumber: David J. Thomas and William A. Atwell

2.3.1. Karakteristik Pati

Berikut ini akan dibahas mengenai beberapa karakteristik atau sifat-sifat umum dari pati.

2.3.1.1 Gelatinasi (*Gelatinization*) dan Pembengkakan(*Swelling*)

Gelatinisasi merupakan suatu fenomena pembentukan gel. Fenomena tersebut diawali dengan adanya penyerapan air yang menyebabkan partikel granula pati membengkak/ membesar dan menjadi kental. Apabila sejumlah pati dimasukkan ke dalam air dingin, maka granula pati akan menyerap air dan mulai mengalami pembengkakan, namun pembengkakan yang terjadi juga memiliki batasan yaitu berkisar 30% dari berat pati. Jika dilakukan pemanasan secara

perlahan, maka granula pati akan mengembang/ membengkak (*swelling*) secara perlahan karena penyerapan air yang semakin banyak.

Suhu di mana peristiwa pembengkakan maksimal, disebut dengan suhu gelatinisasi/ *gelatinization temperature*. Apabila suhu gelatinisasi sudah tercapai namun terus dilakukan proses pemanasan, maka akan muncul lubang pada granula yang disebut gelembung *gelatinous*. Di dalam gelembung tersebut terdapat larutan *amylose*. Proses pemanasan yang terus menerus dilakukan memungkinkan terjadinya ledakan pada granular. Selain karena adanya proses pemanasan, pengembangan granula pati juga disebabkan karena masuknya air ke dalam granula dan terperangkap pada susunan molekul-molekul penyusun pati [David J. Thomas ,*et al*, 1998].

Tabel 2.3. Perbandingan Suhu Gelatinasi pada Berbagai Starch

Jenis Starch	Suhu gelatinasi (^o C)
Jagung	62 -73
Waxy maize	62.5 – 72
Sorghum	68 – 75
Waxy Sorghum	67.5 – 74
Idaho potato	56 – 67
Maine potato	59 – 67.5
Dominican tapioca	58.5 - 70

Sumber: O. B. Wurzburg, M.S.

2.3.1.2 Retrogradasi

Retrogradasi merupakan suatu peristiwa perangkaian dan penyatuan ulang partikel-partikel *amylose* dan *amylopectin* yang sebelumnya telah mengalami

gelatinisasi. Peristiwa ini berlangsung di dalam granular pati [David J. Thomas, *et al*, 1998]. Faktor utama yang mempengaruhi retrogradasi pada pati adalah panjang rantai *amylose*. Retrogradasi akan menurun (lambat) pada semua jenis pati, jika adanya penambahan alkali.

2.3.1.3. Bentuk dan ukuran granula pati

Molekul pati memiliki ukuran granula tertentu dan berbeda-beda untuk setiap jenisnya. Ukuran granula pada berbagai jenis pati dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 2.4 Ukuran dan bentuk granula pati dari berbagai macam jenis pati

Jenis pati	Ukuran (μm)	Bentuk
Pati beras	1 – 3	Cenderung bergumpal-gumpal
Pati jagung	5 – 30	Bulat
Pati gandum	1 – 45	Bulat oval
Pati singkong	4 – 35	Bulat dan pada ujungnya agak bulat
Pati kentang	5 – 100	Oval dan besar

Sumber: David J. Thomas and William A. Atwell

2.3.1.4. Viskositas

Viskositas dapat diartikan sebagai ukuran kekentalan suatu fluida. Viskositas pada pati dipengaruhi oleh beberapa sifat fisiknya. Sifat tersebut antara lain kesatuan pati yang dapat membengkak (*swelling*), pati terlarut, dan interaksi antar granular pati yang dapat membengkak. Dalam uji kualitas dari produk yang berasal dari pati biasanya digunakan viskometer. Jenis viskometer yang umum digunakan adalah viskometer *hoeppler* dan viskometer *stormer*.

Tabel 2.5. Perbandingan viskositas pati

Jenis Starch	Konsentrasi starch (/ 500gram suspense)	Viskositas Maksimum (Brabender Unit)
Jagung	35	500 – 600
Jagung (moderately thin boiling)	45	400 - 500
Jagung (thin boiling)	55	300 – 400
Jagung (very thin boiling)	160	400 – 500
Gandum	45	300 – 400
Singkong	30	700 – 800
Kentang	15	600 – 700

Tabel 2.6. Kandungan Lemak dan Protein dari Berbagai Jenis Strach

	Dent corn	Waxy corn	wheat	Potato	Tapioca
Protein (%)	0.35	0.25	0.40	0.1	0.1
Lemak (%)	0.80	0.20	0.90	0.1	0.1

Sumber: David J. Thomas and William A. Atwell

2.4. Roti Tawar

Roti tawar adalah roti yang dibuat dari tepung terigu kuat, air, yeast, lemak dan garam yang diproses dengan peragian menggunakan ragi roti dan dipanggang. Roti tawar mempunyai rasa yang gurih agak asin, dan mempunyai bentuk khas. Namun sekarang ini telah berkembang dengan bermacam-macam bentuk.

Dilihat dari bentuknya, roti memiliki 2 bagian utama, yaitu bagian *crust* dan *crumb*. *Crust* adalah lapisan roti terluar, sedangkan, *Crumb* adalah lapisan dalam roti. Pada umumnya *crust* memiliki warna kuning kecoklatan dengan tekstur yang lebih keras daripada *crumb* yang memiliki sifat elastis, kenyal, dan berongga. Selama proses pemanggangan, adonan berubah menjadi *crumb*. Selanjutnya, lapisan luar *crumb* berubah menjadi *crust*. Fenomena yang mengontrol pembentukan *crumb* adalah gelatinasi dari tepung dalam adonan dan pengaturan panas atau koagulasi dari protein.

Proses pendinginan dalam pembuatan roti tawar, akan mempengaruhi karakteristik *crust*. Apabila roti didinginkan secara cepat maka akan menghasilkan *crust* yang kering. Apabila proses pendinginan dilakukan dengan cara diangin-anginkan pada udara terbuka, maka akan menghasilkan *crust* yang bersifat lembab. Adapun cara pendinginan dengan didinginkan bersamaan dan di dalam oven, akan menghasilkan *crust* yang bersifat renyah.

Bahan dalam pembuatan roti tawar dapat dibagi menjadi 2 bagian. Yang pertama ialah bahan dasar dimana terdiri dari komposisi utama dalam pembuatan roti tawar, yaitu tepung, garam, air, dan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*). Bagian kedua ialah bahan pendukung lain yang dapat digunakan, misalnya susu, *shortening* (mentega atau margarine), gula, bread improver, dan telur.

2.4.1. Bahan Dasar

Bahan dasar dalam pembuatan roti terdiri dari tepung, garam, air dan ragi.

Karbohidrat dan Gluten

Dalam pembuatan roti tawar konvensional, tepung terigu (terutama tepung terigu hard) adalah syarat untuk pembuatan roti, karena mudah dicampur, diragikan, dapat menyesuaikan pada suhu yang ditentukan, karena berfungsi membentuk suatu kerangka susunan roti. Tepung terigu mempunyai kandungan gluten yang lebih banyak dari jenis tepung terigu yang lain. Karbohidrat dari tepung terigu akan menyerap air menjadi adonan bersama gluten, yang dengan adanya panas dalam oven akan membentuk gelatin. Gluten dan gelatin ini merupakan kerangka dan jaringan pada roti.

Pada penelitian yang dilakukan, digunakan tepung terigu dan tepung singkong. Berikut adalah table perbandingan komponen tepung terigu dan tepung singkong:

Table 2.7. Perbandingan komponen pada tepung terigu dan tepung singkong

	Kal	protein	lemak	karbohidrat	kalsium	Fosfor	besi	Vit A	Vit B	Air
	(kal)	(gr)	(gr)	(gr)	(mg)	(mg)	(mg)	SI	(mg)	g
Terigu	365	8.9	1.3	77.3	16	106	1.2	0	0.12	12
Singkong	362	0.5	0.3	86.9	0	0	0	0	0	12

[Sumber: Direktorat Gizi Departement Kesehatan RI]

Garam

Fungsi garam dalam pembuatan roti tawar adalah:

- Penambah rasa gurih.
- Pembangkit rasa bahan- bahan lainnya,
- Pengontrol waktu fermentasi dari adonan beragi,
- Penambah kekuatan gluten.
- Pengatur warna kulit dan mencegah timbulnya bakteri-bakteri dalam adonan.

Penambahan garam tidak boleh lebih dari 2,25% dari berat tepung karena akan menghambat fermentasi. Saat penimbangan bahan garam jangan sampai tercampur dengan ragi karena garam akan meracuni sehingga mikroba dalam ragi bisa mati.

Air

Kandungan mineral dalam air dapat mempengaruhi kekerasan adonan, terutama untuk beberapa jenis tepung, air yang digunakan harus memenuhi syarat air yang sehat yaitu :

- a. Syarat fisik artinya air tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau .
- b. Syarat kimia artinya air tidak mengandung bahan- bahan kimia seperti Fe, Hg, Pb, kekeruhan dan kesadahan.
- c. Syarat mikrobiologis artinya tidak mengandung bakteri E coli.

Fungsi air dalam pembuatan roti tawar adalah:

- i. Untuk membantu pembentukan gluten di dalam tepung.
- ii. Pengontrol kepadatan dan suhu adonan
- iii. Membantu melarutkan gula dan garam- garam agar bisa tercampur dengan bahan- bahan lain.
- iv. Meratakan zat- zat yang bisa larut dalam air ke seluruh adonan.

Pemakaian air dalam pembuatan roti mempunyai peranan yang penting untuk membentuk gluten, karena protein tepung dilarutkan oleh air. Jenis air yang digunakan adalah air dingin. Pemakaian air dalam pembuatan roti sebanyak 62 % [Desrosier, Norman W. 2008].dari berat tepung.

Ragi

Ragi adalah suatu macam tumbuh- tumbuhan bersel satu yang tergolong ke dalam keluarga cendawan. Ragi berkembang biak dengan suatu proses yang dikenal dengan istilah pertunasan, yang menyebabkan terjadinya peragian.

Peragian adalah istilah umum yang mencakup perubahan gelembung udara dan yang bukan gelembung udara (aerobic dan anaerobic) yang disebabkan oleh mikroorganisme. Dalam pembuatan roti, sebagian besar ragi berasal dari mikroba jenis *Saccharomyces Cerevisiae*. Ragi merupakan bahan mengembang adonan dengan produksi gas karbondioksida.

Menurut *US.Wheat Assosiate*, ragi terdiri dari beberapa enzim, termasuk *protease, lipase, invertase, maltase dan zymase*. Enzym yang penting dalam ragi adalah *invertase, maltase dan zymase*. Enzym *invertase* dalam ragi bertanggung jawab terhadap awal aktivitas fermentasi. Enzym ini mengubah gula (sukrosa) yang terlarut dalam air menjadi gula sederhana yang terdiri atas glukosa dan fruktosa. Gula sederhana kemudian dipecah menjadi karbondioksida dan alkohol. Enzym amilase yang terdapat dalam tepung mampu memproduksi maltose yang dapat dikonsumsi oleh ragi sehingga fermentasi terus berlangsung. Proses pengembangan adonan dapat terjadi apabila ragi dicampur dengan bahan-bahan lain dalam pembuatan roti, maka ragi akan menghasilkan CO₂. Gas inilah yang menjadikan adonan roti menjadi mengembang. Proses pengembangan adonan yang dilakukan oleh ragi ditunjang oleh penggunaan bahan lain yaitu gula sebagai sumber energi.

Fungsi ragi dalam pembuatan roti adalah:

- a. Mengembangkan adonan dengan memproduksi gas CO₂ .
- b. Memberikan rasa dan aroma pada roti.
- c. Memperlunak gluten.

2.4.2. Bahan Pendukung

Bahan pendukung sebagai tambahan dalam pembuatan roti tawar yaitu susu, *shortening*, gula, bread improver, dan telur.

Susu

Susu merupakan bahan pendukung sekaligus optional dalam pembuatan roti. Penambahan susu dalam adonan dimaksudkan untuk menambah kadar

protein. Penambahan susu akan sangat berperan apabila dalam adonan keberadaan tepung terigu digantikan oleh tepung lain yang memiliki kandungan protein yang lebih rendah.

Susu tersusun atas berbagai nutrient, baik yang larut dalam air maupun yang terdispersi dalam bentuk koloid. Protein susu terdispersi secara koloid dalam fasa cair. Protein yang terkandung dalam susu antara lain kaseinogen dan protein air dadih yakni laktalbumin serta laktoglobulin. Pada proses pencernaan dalam tubuh, kaseinogen diubah oleh enzim renin menjadi bentuk terkoagulasi yang disebut kasein.

Shortening

Shortening adalah campuran yang memiliki sifat plastisitas tertentu. Sifat inilah yang mampu membuat roti menjadi lembut. Shortening terdiri dari 100% lemak. Penambahan shortening dalam adonan roti berfungsi untuk memperbaiki struktur remah roti, meningkatkan kandungan gizi pada produk, memudahkan dalam pembentukan adonan hingga mengembang, dan juga melunakkan tekstur roti. Penambahan lemak hendaknya tidaklah terlalu banyak, hanya berkisar 1-2% [Desrosier, Norman W. 2008]. dari berat tepung.

Lemak memiliki daya tahan yang mewakili kemampuan untuk bertahan pada pengaruh gas O₂. Lemak yang daya tahannya rendah dan mengalami oksidasi menyebabkan ketengikan pada produk. Jenis-jenis lemak dibagi menjadi 2 bagian, yaitu yang berasal dari hewani dan dari nabati. Lemak yang berasal dari hewani berupa mentega atau butter, biasanya terbuat dari susu sapi. Lemak yang berasal dari nabati biasanya diambil dari minyak kelapa sawit, kelapa, jagung, atau kacang.

Gula

Gula yang dipakai dalam pembuatan roti tawar adalah gula pasir. Ciri-ciri gula pasir yaitu warna putih, tekstur kasar dan berasa manis.

Fungsi gula dalam pembuatan roti tawar adalah:

- a. Sebagai makanan ragi.
- b. Mengatur fermentasi.
- c. Menambah kandungan gizi.
- d. Memberikan warna kulit
- e. Memperpanjang umur roti.
- f. Membuat tekstur roti lebih empuk.

Penggunaan gula pasir dalam pembuatan roti tawar dicampurkan dengan bahan lainnya. Biasanya jumlah gula yang ditambahkan pada adonan roti sebesar 1-4% dari berat tepungnya [Desrosier, Norman W. 2008].. Penambahan gula yang terlalu banyak akan memperlambat proses fermentasi. Selain itu dapat menyebabkan kematian bagi ragi. Hal ini disebabkan karena konsentrasi pada adonan lebih tinggi dibandingkan konsentrasi pada ragi sehingga konsentrasi di dalam ragi akan berpindah ke konsentrasi yang lebih tinggi.

Bread improver

Bread improver dikenal sebagai bahan pengembang agar volume adonan lebih cepat mengembang. Contoh bahan pengembang yang sering digunakan dalam pembuatan roti adalah soda kue dan *baking powder*. Bahan utama pada *baking powder* dan soda kue adalah bikarbonat. *Baking powder* bersifat larut dalam air. Penambahan *baking powder* secara berlebihan juga tidak baik, akan mengakibatkan lubang-lubang pada *crumb* menjadi lebih besar. *Baking powder* memiliki fisik yang terlihat seperti tepung terigu, sedangkan soda kue berbebtuk seperti butiran-butiran kecil.

Umumnya, soda kue diproduksi dari soda abu yang dilarutkan dalam air serta direaksikan dengan karbon dioksida sehingga akan terbentuk endapan NaHCO_3 .

Reaksi yang terjadi:



Telur

Telur dapat juga digunakan sebagai alternative pengganti susu. Sama seperti susu, penambahan telur juga dimaksudkan untuk menambah kadar protein dalam adonan. Penambahan telur juga berpengaruh dalam cita rasa roti serta membantu pembentukan tekstur roti menjadi lebih lembut.

Kuning telur adalah emulsi lemak dalam air yang susunannya berupa lemak, air, dan protein. Protein yang terkandung dalam kuning telur adalah vitelin. Kuning telur juga mengandung vitamin dan garam mineral. Lecithin yang terkandung dalam kuning telur berperan sebagai pembantu pengemulsi adonan, sehingga diperoleh struktur adonan yang lebih kalis.

Tabel 2.8. Kandungan gizi pada telur

Kandungan	Telur Utuh	Putih Telur	Kuning Telur
Protein (%)	12	12	16
Lemak (%)	11	Sangat sedikit	31
Karbohidrat (%)	8	0	
Air (%)	75	88	51
Vitamin dan Mineral (%)	1	1	1

Sumber: <http://hubpages.com/hub/Eggs-Composition-and-Nutritional-Content>

Tabel 2.9 Kandungan jenis protein pada putih telur

Jenis Protein	Kadar (%)
Ovalbumin	54
Ovontransferrin	12

Ovonmucoid	11
Ovoglobulin G2	4
Ovoglobulin g3	4
Ovomucin	3,5
Lysozyme	3,4
Ovoinhibitor	1,5
Ovoglycoprotein	1
Flavoprotein	0,8
Ovomacroglobulin	0,5
Avidin	0,5
Cystatin	0,05
Lain-lain	3,75

[sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Egg_white]

2.4.3. Tahap Pembuatan Roti Tawar

Rangkaian proses pembuatan roti tawar merupakan proses yang panjang dan berurutan. Kualitas pada salah satu tahap akan mempengaruhi tingkat keberhasilan di tahap berikutnya. Secara garis besar, terdapat 3 tahap penting dalam pembuatan roti tawar, yaitu pencampuran bahan, fermentasi, dan pemangangan. Berikut adalah proses pembuatan roti tawar:

Mixing – pengadukan.

Tahap pencampuran merupakan tahapan penting dalam pembuatan roti yang menentukan kualitas dari roti itu sendiri. Tahap pencampuran bertujuan untuk mencampur bahan-bahan (bahan kering dan basah) menjadi satu hingga homogen dan bersifat kalis. Kalis adalah istilah yang menggambarkan keadaan

dimana bentuk bahan yang tercampur menjadi lengket dan mempunyai sifat elastis.

Dalam proses pencampuran, perlu dibedakan antara bahan kering dan basah. Semua bahan yang kering dimasukan dulu diaduk menggunakan mixer baru bahan cair dimasukan secara kontinyu. Hal ini dimaksudkan agar bahan tidak melekat pada bowl dan pencampuran lebih merata. Penambahan air secara kontinyu juga memiliki tujuan, yaitu untuk meminimalisasi penggumpalan pada bahan kering.

Pembentukan gluten terjadi saat air ditambahkan. Seperti yang sudah dibahas sebelumnya, gluten berperan sebagai pembentukan kerangka adonan. Kerangka ini berfungsi sebagai penahan CO₂ pada saat fermentasi berlangsung. Tahap pencampuran yang baik akan menghasilkan gas retention (kekuatan untuk menahan gas) yang baik pula. Semakin banyak gas CO₂ yang tertahan, volume kembang roti akan semakin besar.

Fermentasi

Pada tahap ini, yang perlu diperhatikan adalah jumlah ragi yang tepat. Apabila terlalu sedikit, proses pengembangan tidak akan maksimal, akan tetapi bila terlalu banyak, akan mengakibatkan rasa asam pada produk. Rasa asam ini berasal dari reaksi anaerob dan aerob ragi. Reaksi anaerob menghasilkan asam asetat, sedangkan reaksi aerob menghasilkan asam laktat.

Semula adonan berada pada pH 5,5-5,8. Setelah proses fermentasi berlangsung, adonan akan semakin bersifat asam memiliki pH 4,7-5. Hal ini disebabkan oleh karena aktivitas ragi.

Persamaan reaksinya:



CO₂ dan etanol menyebabkan pengembangan adonan. Asam memberikan rasa dan memperlunak gluten. Lamanya tahap fermentasi bergantung pada suhu dan kelembaban lingkungan.

Pada pembuatan roti, proses fermentasi dibagi menjadi 2 tahap yaitu tahap fermentasi awal dan fermentasi akhir (final proof). Fermentasi awal dimulai ketika adonan terbentuk dan ragi mulai menghasilkan CO₂ dan mengubah karakteristik dari adonan. Aktivitas ragi dipengaruhi oleh temperature dan kelembaban lingkungan. Suhu optimal dalam proses fermentasi adalah 35°C-40°C, sedangkan kelembaban optimum adalah 75%-80%. Waktu fermentasi bermacam-macam, bergantung pada berat adonan.

Pada tahap fermentasi akhir terjadi perubahan pati menjadi gula dengan bantuan dari enzim. Gula yang terbentuk dimanfaatkan ragi sebagai media aktivitas ragi yang menghasilkan etanol dan CO₂.

Baking – pemanggangan.

Pada umumnya volume adonan bertambah dalam waktu 5 – 6 menit pertama didalam oven. Dalam 5-6 menit itulah diharapkan suhu pemanggangan sudah mencapai suhu (63°C) dimana aktivitas ragi berhenti. Hal ini dimaksudkan agar volume roti sudah tidak berubah-ubah lagi, sehingga roti dapat matang secara merata. Temperatur perlu mendapat perhatian dalam tahap ini. Temperatur pemanggangan tidak boleh terlalu tinggi maupun rendah. Roti yang sudah matang berwarna kecoklatan tetapi tidak gosong.

Reaksi Pemanggangan

Pada saat adonan bertemu dengan udara panas, tampak lapisan film terbentuk dari permukaan adonan. Selanjutnya terjadi pengembangan roti. Pengembangan roti terjadi sebagai hasil dari suatu reaksi yang berurutan. Dalam hal ini reaksi yang dimaksud adalah pengaruh fisi dari panas terhadap gas yang terjebak sehingga menaikkan tekanan. Ditambah lagi karena

jumlah gas dilepaskan yang terlalu banyak terjebak dalam film gluten yang elastic, sel gas mengembang secara sendirinya.

Akibat dari proses pemanasan, terjadi pengembangan granula pati. Dengan pengembangan granula pati, molekul amilose akan pecah dan akan membentuk kompleks dengan lemak pada adonan. Pengembangan pati disertai dengan penyerapan air dari bahan adonan lain. Sejalan dengan kenaikan suhu, terjadi aktivitas metabolisme didalam ragi, meningkat sampai titik kematian thermal sel ragi. Aktivitas amylase juga mengalami kenaikan, membantu reaksi produk. Akhirnya system enzim juga rusak.

Semakin tinggi suhu yang dicapai, alcohol yang dihasilkan selama proses fermentasi juga dibebaskan. Hal ini membantu dalam pengembangan roti tambahan. Granula pati bertambah ukuran dan semakin terikat di dalam gluten. Disamping gelatinasi pati, jaringan gluten mengalami denaturasi. [Norman W. Desrosier, 2008]

Secara rinci, proses pemanggangan dapat dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu oven spring, gelatinasi pati, dan browning.

Oven Spring (Zona Aktif Enzim)

Oven spring/pengembangan roti di dalam oven, selama awal periode pemanggangan berlangsung, roti akan mengalami perubahan volume. Pada periode awal pemanggangan adonan akan mengalami kenaikan suhu yang menyebabkan tahap fermentasi berlangsung secara intensif. Aktivitas enzimatik berlangsung secara maksimum pada suhu tinggi, dimana pati diubah menjadi gula. Gula digunakan ragi untuk membentuk CO₂. Semakin meningkatnya suhu, akan mengakibatkan kematian pada ragi yang disertai berhentinya produksi CO₂. Aktivitas enzimatik berpengaruh pada banyaknya produksi CO₂. Ketika aktivitas enzimatik tinggi maka roti yang dihasilkan semakin besar.

Pada tahap gelatinasi pati, adonan akan mengalami peningkatan suhu. Proses gelatinasi dan denaturasi protein terjadi karena adanya penggumpalan

gluten. Denaturasi protein yang terjadi mengakibatkan perubahan struktur protein dimana pada saat dipanaskan ikatan hidrogen antara amilosa dan amilopektin mulai lemah sehingga air semakin mudah terpenetrasi ke dalam susunan amilosa dan amilopektin. Hal ini mengakibatkan struktur protein menjadi fleksibel dan memiliki viskositas yang tinggi. Hal ini menyebabkan jaringan adonan lebih stabil dan kuat, sehingga kinerja gluten dapat digantikan pada proses gelatinasi pati. Pada bagian *crust*, denaturasi protein lebih intens terjadi dibandingkan bagian *crumb*. Hal ini dikarenakan suhu pada *crust* lebih tinggi.

Browning

Temperatur dan waktu pemanggangan akan sangat berpengaruh pada kualitas *crust* yang terbentuk. Reaksi pati terjadi pada bagian dalam dan luar adonan. Pada permukaan adonan terjadi penguapan air. Penguapan air yang terjadi mengakibatkan permukaan roti menjadi lebih kering dan memiliki warna yang lebih gelap dibandingkan bagian dalam adonan. Peristiwa ini juga merupakan proses karamelisasi dari adonan roti [Desrosier, Norman W. 2008].

Proses browning juga disebabkan oleh karena adanya reaksi non-enzimatik yang disebut reaksi Maillard. Reaksi Maillard sendiri adalah reaksi yang terjadi antara gula pereduksi (glukosa dan fruktosa) dengan gugus amino protein. Hasil dari reaksi ini adalah melanoid berwarna coklat yang akan menyebabkan roti berwarna dominan coklat.

BAB III

BAHAN dan METODE

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian adalah sbb.

Bahan

1. Tepung singkong
2. Tepung terigu
3. *Xanthan Gum*
4. *Carboxymethyl Cellulose*
5. Susu skim
6. Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*)
7. Garam
8. Gula
9. Air
10. Shortening (Mentega)
11. Bread Improver
12. Telur

Alat

Oven

1. Timbangan
2. Mixer
3. Loyang roti
4. Penggiling adonan
5. Kain

Sedangkan peralatan analisis adalah alat-alat yang dipergunakan untuk menentukan karakteristik roti yang dihasilkan dalam penelitian ini. Peralatan analisis yang digunakan meliputi:

1. Analisa daya kembang adonan
 - Gelas Kimia
 - Penggaris
2. Analisis densitas roti
 - Cetakan
 - Timbangan
3. Analisis daya kembang roti
 - Kertas berskala (milimeter blok)
 - Kamera
4. Analisis kekerasan roti
 - *Texture Analyzer*
5. Analisis warna crust
 - Kamera
6. Analisis struktur crumb
 - Kamera

3.1. Variable Percobaan

Variasi yang dilakukan dalam percobaan utama adalah (dapat dilihat pada tabel 3.1. dibawah ini)

1. Jenis *gluten substitute* yang digunakan

Gluten yang digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan jenis yang berbeda-beda. Xanthan gum dipilih untuk mewakili *gluten substitute* dari jenis gum, *Carboxymethyl Cellulose* dari jenis selulosa. Variasi ini dilakukan untuk melihat tingkat peranan *gluten substitute* dalam menggantikan gluten itu sendiri dilihat dari produk yang dihasilkan, dengan harapan memiliki karakteristik yang sama baiknya dengan roti pada umumnya.

2. Variasi perbandingan komposisi tepung terigu dan tepung singkong
Perbandingan komposisi ini divariasikan bagi tepung terigu : tepung singkong. Variasi ini dilakukan untuk melihat ratio maksimum tepung terigu : tepung singkong, yang akan memberikan produk paling baik.
3. Variasi perbandingan komposisi bahan baku tepung dengan *gluten substitute*
Dilakukan pula variasi penambahan *gluten substitute* dalam adonan tepung. Variasi ini dilakukan untuk melihat peranan *gluten substitute* yang akan memberikan hasil paling baik dalam membentuk struktur adonan dalam proses pengembangan roti. Hal ini ditandai dengan adonan mana yang mampu mengembang lebih besar.
4. Variasi penggunaan telur
Dilakukan variasi penambahan telur dalam adonan. Telur yang dimaksud adalah bagian putih telur.

Tabel 3.1. Variasi percobaan utama

Variasi Bahan Baku	Penggunaan Telur	Jumlah Gluten	Jenis Gluten	Kadar Air (%)
Tepung terigu : tepung singkong (2 : 1)	Telur (10%)	3%	XG	60,5
			CMC	60,5
		2%	XG	60,5
			CMC	60,5
Tepung terigu : tepung singkong (1 : 1)		3%	XG	60,5
			CMC	60,5
		2%	XG	60,5
			CMC	60,5
Tepung terigu : tepung singkong	Tanpa Telur	3%	XG	60,5
			CMC	60,5

(2 : 1)		2%	XG	60,5
			CMC	60,5
Tepung terigu : tepung singkong (1 : 1)		3%	XG	60,5
			CMC	60,5
		2%	XG	60,5
			CMC	60,5

3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu percobaan pendahuluan dan percobaan utama. Berikut ini adalah bagan tahap penelitian.

3.2.1. Percobaan Pendahuluan

Percobaan pendahuluan dilakukan dengan menggunakan 4 variasi komposisi bahan baku utama. Percobaan pendahuluan I, menggunakan tepung terigu murni bertujuan untuk mengetahui waktu optimal yang dibutuhkan adonan untuk mencapai karakteristik sempurna pada setiap tahapan pembuatan roti. Percobaan pendahuluan II, menggunakan tepung singkong + CMC, dengan tujuan untuk melihat peranan dari tepung singkong pada pembuatan roti dalam menggantikan tepung terigu. Percobaan pendahuluan III menggunakan tepung singkong + CMC + putih telur, bertujuan untuk melihat peranan putih telur yang dapat memperkuat jaringan yang terbentuk. Percobaan pendahuluan IV menggunakan tepung komposit dengan perbandingan tepung terigu : tepung singkong = 2:1 ditambah CMC dan telur.

3.2.2. Percobaan Utama

Penelitian yang dilakukan adalah mengamati produk berupa roti tawar yang dihasilkan dari berbagai macam variasi ratio tepung terigu:tepung singkong, penambahan telur, dan juga jenis *gluten substitute*.. Pada proses pembuatan adonan juga digunakan bahan-bahan tambahan, yaitu gula, garam, air, susu, *shortening* berupa mentega, dan *bread improver* mengikuti resep dasar yang dikeluarkan oleh PT. Bogasari Indonesia (tabel 3.2.).

Tabel 3.2. Komposisi dalam pembuatan roti tawar

Bahan	Persentase (%)	Jumlah (gram)
Tepung	100	159,5
Ragi	3	3,19
Air	60,5	96,5
Gula	5	7,978
Garam	2	2,12
Susu	3	3,19
<i>Shortening</i>	4	6,38
<i>Bread Improver</i>	1	1,59
*telur (variasi)	10	15,95
Total	188,5	296,398

Prosedur pembuatan roti tawar dalam penelitian ini mengikuti langkah langkah berikut:

Tepung terigu dan tepung singkong dengan ratio tertentu (2:1 dan 1:1) atau tepung singkong murni (hasil modifikasi dengan enzim pullulanase), ragi instant, *gluten substitute*, gula pasir, susu bubuk, dan telur (variasi) diaduk hingga homogen. Kemudian air ditambahkan sedikit demi sedikit sambildiaduk hingga adonan

menjadi agak kalis. Baru kemudian mentega putih dan garam ditambahkan dan adonandiaduk hingga kalis. Adonan dibentuk dan diistirahatkan selama 20 menit. Sesudah itudiletakkan dalam loyang roti tawar yang sudah dioles margarin.Sesudah adonan mengembang (± 55 menit), baru roti dipanggang hingga matang dan berwarna kuning kecoklatan (untuk suhu= 190⁰ C dipanggang selama 25 menit).

3.3.Analisa

Analisa dilakukan baik terhadap adonan maupun produk roti tawar.Analisa terhadap adonan maupun produk roti dalam penelitian ini dilakukan untuk mengamati karakteristik dari produk roti yang dihasilkan sebagai pengaruh dari variasi yang dilakukan.Karakteristik roti dari penelitian dibandingkan dengan roti tawar tepung terigu pada umumnya.

Metode analisis yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Analisa daya kembang dapat diukur dengan mengukur perubahan tinggi adonan roti setelah proses pengembangan.
2. Analisa kekuatan strutur roti dapat memberi gambaran tentang kekuatan struktur roti dalam membentuk matriks yang berfungsi menahan CO₂ agar tidak *collapse* saat proses pemanggangan.
3. Analisa kadar air yang terkandung dalam roti dapat menentukan kualitas ketahan roti. Kandungan air yang terlalu banyak akan menjadi media yang baik dalam pertumbuhan mikroorganisme.
4. Analisa densitas roti dapat memberi gambaran mengenai kepadatan roti yang dihasilkan.
5. Analisa kekerasan roti dengan *Texture Analyzer* dapat menentukan kualitas crumb yang dinilai dari tingkat keelastisitasannya.
6. Analisa daya kembang roti dapat diukur dengan menggunakan kertas berskala.

7. Analisa porositas crumb dan warna crust dapat digunakan sebagai parameter kemiripan dengan roti tawar pada umumnya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum penelitian utama, dilakukan penentuan waktu optimal yang diperlukan adonan untuk mencapai karakteristik sempurna pada setiap tahapan pembuatan roti. Hal ini diperlukan karena terdapat perbedaan antara kondisi pembuatan roti aktual dengan yang tertera di Sluimer, Piet [2005] maupun Desrosier, Norman W [2008]. Perbedaan yang dimaksud antara lain adalah suhu ruang. Suhu mempengaruhi kecepatan kinerja ragi pada saat fermentasi.

4.1. Penentuan waktu optimum dengan bahan baku utama terigu

Pencampuran adonan dibagi menjadi 2 tahap. Tahap pertama, pengadukan dilakukan dengan tidak menyertakan garam dan shortening. Garam dan shortening dapat meracuni ragi, yang akan mengakibatkan ragi mati dan roti tidak dapat mengembang. Proses dilakukan menggunakan mixer dan diteruskan hingga permukaan adonan elastik, keadaan ini disebut setengah kalis (lihat gb.4.1 (a)). Waktu pencampuran bergantung pada banyaknya bahan baku adonan. Pada percobaan ini, waktu yang diperlukan adalah 5 menit. Pengamatan adonan menjadi setengah kalis dilakukan secara visual. Setelah itu proses dilanjutkan dengan memasukkan garam dan shortening, dan kembali diaduk hingga adonan licin kalis (lihat gb.4. (b)) dan permukaan terlihat kering. Tahap ini dilakukan selama 3 menit.

Setelah itu pengadukan dihentikan, karena jika tidak adonan akan basah, lengket dan berair. Bila tahap ini terjadi maka akan overmix dan adonan akan menghasilkan roti yang bantat, lembek dan pori-pori tidak bagus. Fungsi pengadukan adalah menciptakan adonan yang homogen, membentuk dan melunakan gluten sehingga memungkinkan adonan menahan gas ketika proses pengembangan / fermentasi.



Gambar 4.1.Adonan roti (a) setengah kalis dan adonan roti yang sudah kalis (b).

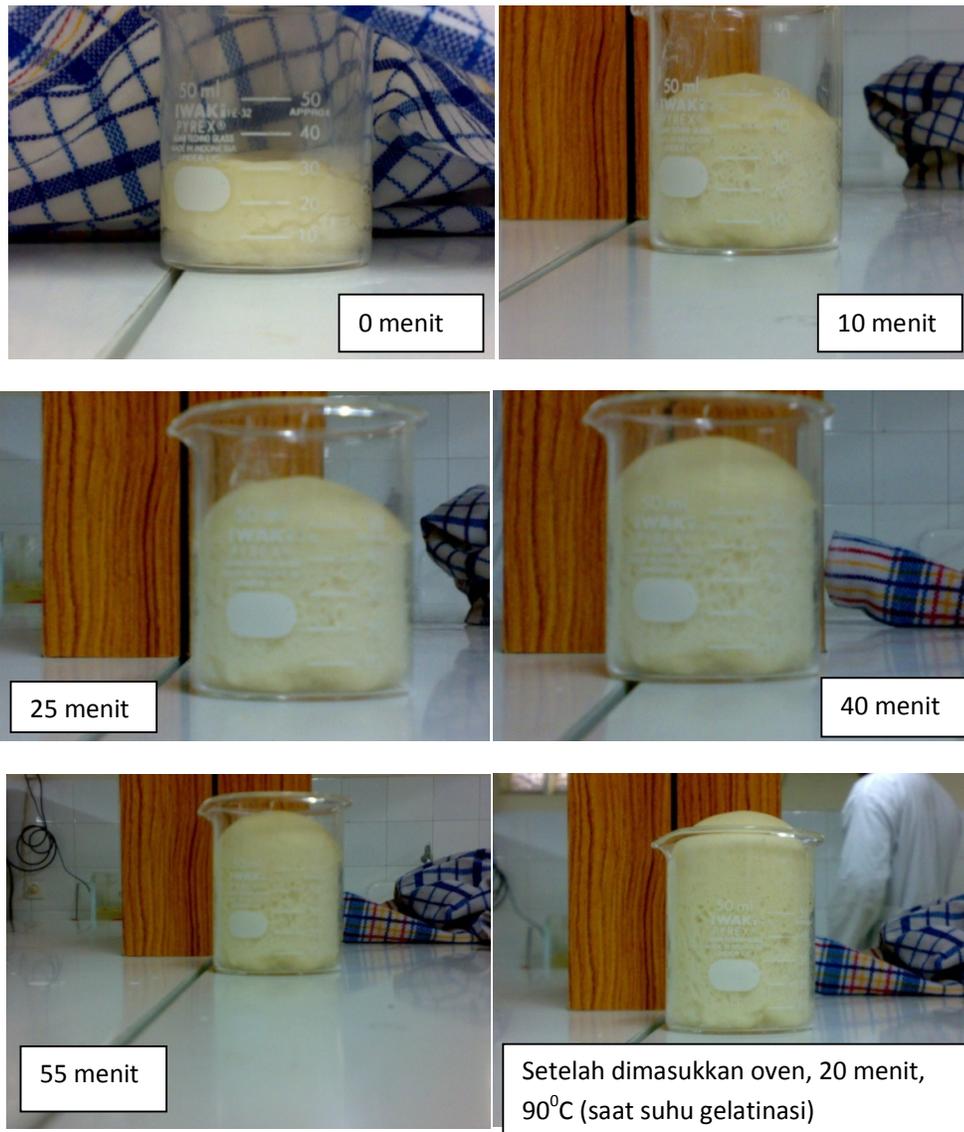
Fermentasi tahap I terjadi sesudah proses mixing dan adonan menjadi kalis. Fermentasi dilakukan pada suhu 28°C - 35°C . Suhu terlalu dingin akan menyebabkan proses fermentasi berjalan lambat, sedangkan suhu terlalu panas akan menyebabkan fermentasi berjalan terlalu cepat dan dapat mengakibatkan tekstur roti menjadi kasar. Sluimer, Piet. [2005] melaporkan bahwa tahap fermentasi I dilakukan hingga adonan mengembang volumenya menjadi 2kali volume semula. Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh waktu fermentasi yang optimum selama 20 menit.

Saat adonan sudah mengembang sebesar 2 kali dari semula,, maka proses dilanjutkan dengan tahap fermentasi II. Fermentasi tidak boleh terlalu lama, karena akan menyebabkan adonan *over proof*, yaitu kondisi dimana adonan menjadi lembek dan berair. Fermentasi terlalu singkat akan menyebabkan roti keras, pori-pori kasar dan roti tidak empuk.



Gambar 4.2. Adonan terigu murni mengembang pada proses fermentasi tahap I

Sebelum masuk pada tahap fermentasi II, adonan yang sudah mengembang dikempeskan lagi. Pengempesan dilakukan dengan cara penekanan hingga gas yang terbentuk (CO_2)terbuang semua. Tujuan dari pengempesan ini adalah menghentikan sementara proses fermentasi karena adonan akan dipotong dan ditimbang. Perlakuan terhadap adonan tidak dapat dilakukan terlalu lama karena dapat merusak pori-pori yang sudah terbentuk dan serat yang terbentuk..Adonan yang sudah dikempeskan kemudian dapat dibentuk sesuai dengan bentuk akhir yang diinginkan.Fermentasi II dilakukan selama 55menit.Waktu ini dianggap ideal karena setelah 55 menit, tidak ada perubahan ketinggian yang terlihat secara signifikan.Kondisi adonan masih bersifat elastik dan tidak mengempis bila dilakukan penekanan.Tujuan dari fermentasi II adalah menentukan waktu untuk adonan agar dapat mengembang sampai batas maksimal.



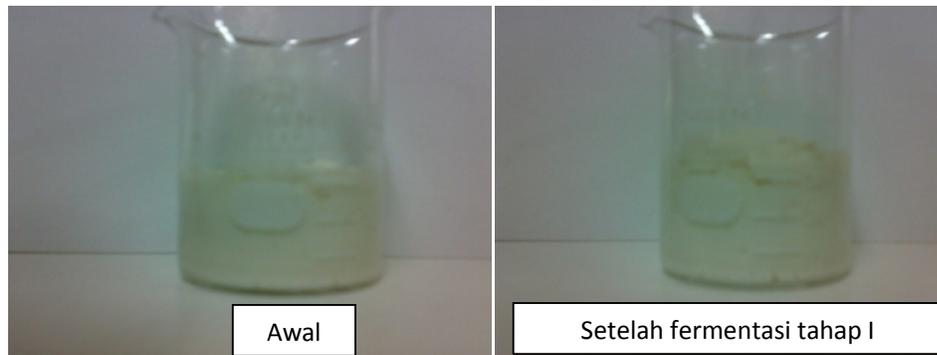
Gambar 4.3. Proses pengembangan adonan terigu murni pada fermentasi tahap II

4.2. Penentuan waktu optimum dengan bahan baku utama tepung singkong dan CMC

Percobaan awal inidilakukan terhadaptepung singkong murni + CMC. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menetapkankondisi pencampuran dan fermentasi dalam pembuatan roti berbahan dasar tepung singkong.

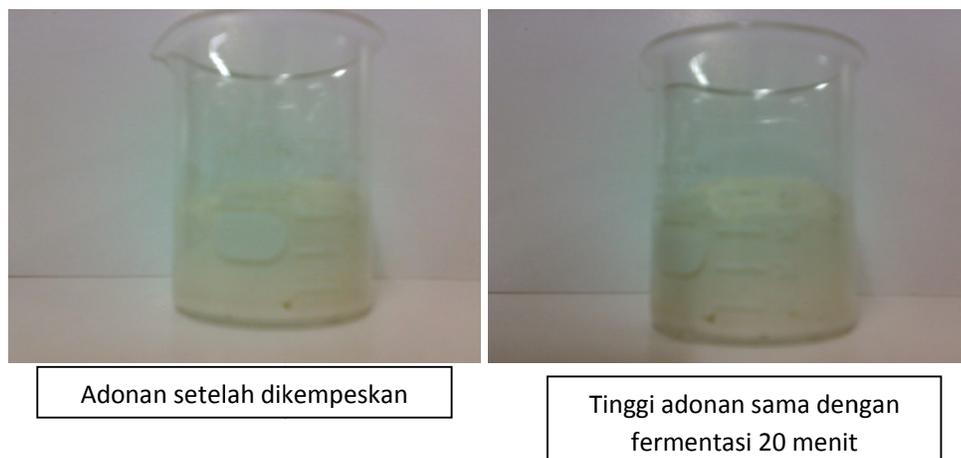
4.2.1. Fermentasi I

Pada fermentasi tahap I, adonan mampu mengembang. Tetapi dalam waktu 20menit, volume adonan tidak menjadi 2kali lipatnya. Apabila proses terus dilanjutkan, adonan akan tetap mengembang, akan tetapi perubahan ketinggian tidak akan signifikan.



Gambar 4.4. Proses pengembangan adonan tepung singkong+ CMC pada fermentasi tahap I

4.2.2. Fermentasi II



Gambar 4.5 Pengembangan adonan tepung singkong+ CMC fermentasi tahap II

Berdasarkan gambar 4.5 bisa dilihat bahwa fermentasi II yang dilakukan selama 55 menit, tidak memperoleh hasil pengembangan yang signifikan dengan hasil pengembangan yang dilakukan pada fermentasi tahap I yang hanya dilakukan selama 20 menit.



Permukaan adonan yang pecah

Gambar 4.6. Adonan campuran tepung singkong murni+CMC pecah saat pengembangan

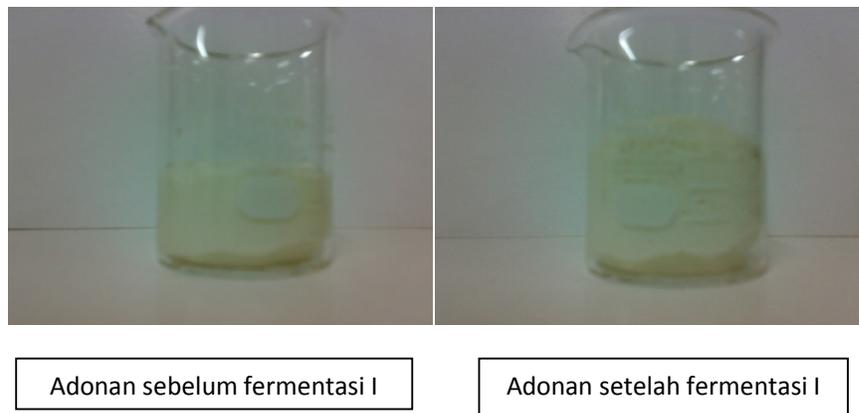
Struktur adonan yang didapat dari campuran resep ini tidaklah elastis dan lengket, tetapi liat dan kering. Adonan mudah putus bila ditarik, hal inilah yang menyebabkan permukaan adonan akan pecah pada saat mengembang. Hal ini menunjukkan bahwa adonan tepung singkong murni+CMC tidak dapat membentuk jaringan film yang kuat dalam menahan gas yang terbentuk. Pada tepung singkong mengandung sedikit amilosa dan lebih banyak amilopektin. Sifat amilopektin yang kohesif, yang cenderung berikatan dengan sesama, sehingga tidak mengikat air. Hal itulah yang menyebabkan permukaan adonan menjadi kering.

4.3. Penentuan waktu optimum dengan bahan baku utama tepung singkong, CMC dan putih telur

Berdasarkan permasalahan yang muncul dipercobaan subbab 4.2., yaitu kurang kuatnya jaringan adonan yang terbentuk, maka dilakukan percobaan pendahuluan lanjut. Pada percobaan inidilakukan pembuatan roti dengan adonan menggunakan bahan baku tepung berupa campuran tepung singkong + putih telur (10% berat tepung) + CMC. Dalam percobaan ini juga akan diamatiperanan putih telur apakah dapat memperkuat jaringan yang terbentuk. Putih telur diharapkan mampu memperbaiki struktur jaringan yang terbentuk pada adonan roti tawar menjadi lebih kuat, sehingga permasalahan pecahnya adonan pada percobaan 4.2. dapat teratasi.

4.3.1. Fermentasi I

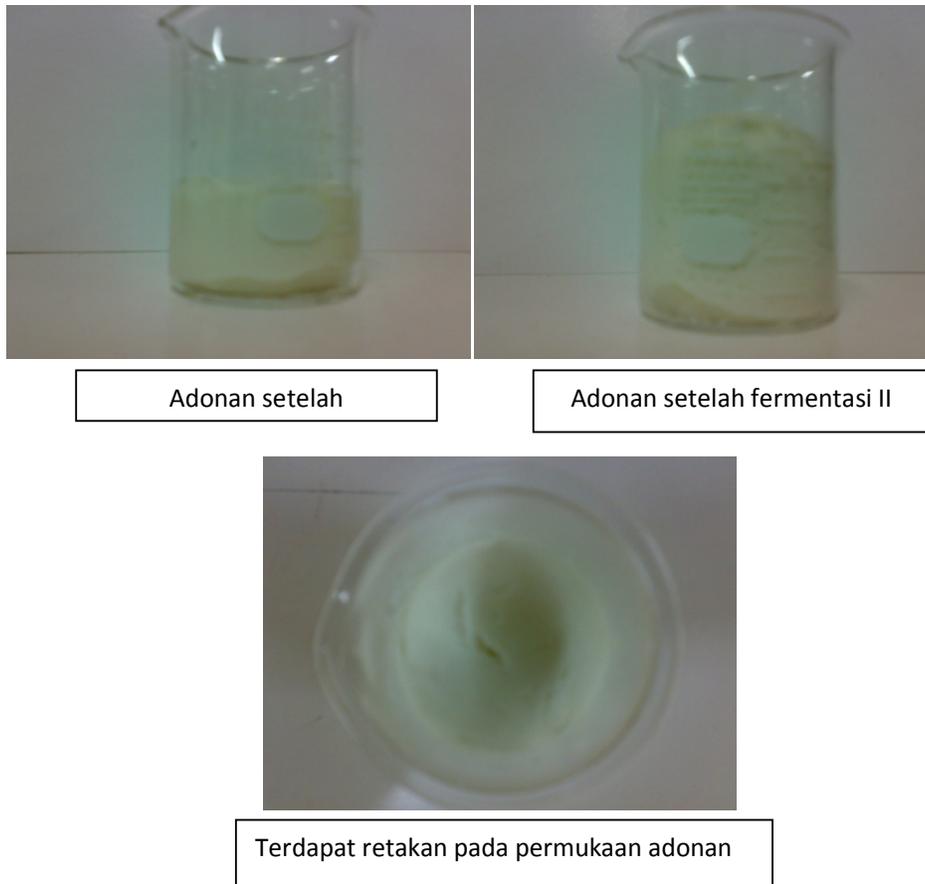
Pada fermentasi tahap I, adonan mampu mengembang dan mencapai volume 2kali dari volume semua dalam waktu 20 menit.



Gambar 4.7. Adonan Tepung Singkong+Putih Telur + CMC pada fermentasi tahap

I

4.3.2. Fermentasi II



Gambar 4.8. Adonan Tepung Singkong + Putih Telur + CMC pada fermentasi tahap II

Pada percobaan ini terlihat bahwa penambahan putih telur dapat membuat adonan untuk mengembang lebih besar. Putih telur mengandung asam amino yang berbentuk globular dapat membentuk struktur jaringan 3 dimensi walaupun tidak sekuat gluten+air. Jaringan ini yang akan menahan CO_2 yang dihasilkan pada saat proses fermentasi. Fungsi putih telur sebagai emulsifier juga akan memperkuat jaringan dari gluten yang terbentuk, yaitu dengan membentuk kesatuan dengan gliadin.

Dengan penambahan putih telur, kondisi adonan juga elastis dan juga basah. Hanya saja, permukaan adonan yang menahan CO₂ tidak berupa film, jadi meskipun ada retakan, adonan tidak kempes. Adonan berwarna putih

Berdasarkan hasil pengembangan, dapat disimpulkan bahwa telur dapat memperkuat jaringan yang terbentuk sehingga adonan dapat mengembang lebih besar. Masalah pada percobaan pendahuluan dapat diatasi dengan penambahan telur.

4.3.3. Proses Pemanggangan

Setelah proses fermentasi II, adonan yang sudah mengembang dimasukkan dalam oven. Adonan dipanggang dalam oven 190⁰C selama 20 menit. Pada roti dengan tepung terigu, permukaan adonan (*crust*) akan berubah warna menjadi coklat. Namun untuk adonan ini, warna *crust* tidak menjadi dominan coklat, warna *crust* yang dihasilkan berwarna dominan putih.



Gambar 4.9. Hasil pemanggangan roti dengan adonan Tepung Singkong + Putih Telur + CMC

Pada produk roti dengan menggunakan adonan ini crumb tidak empuk, tidak berpori, dan berwarna putih kekuningan, seperti pada roti tepung terigu. Pada roti ini crumb berwarna putih keruh transparan dan strukturnya liat. Hal ini

dikarenakan pada tepung singkong, banyak mengandung amylopektin yang memiliki sifat gumming.



Gambar 4.10. Gambar struktur roti dengan adonan Tepung Singkong + Putih Telur + CMC

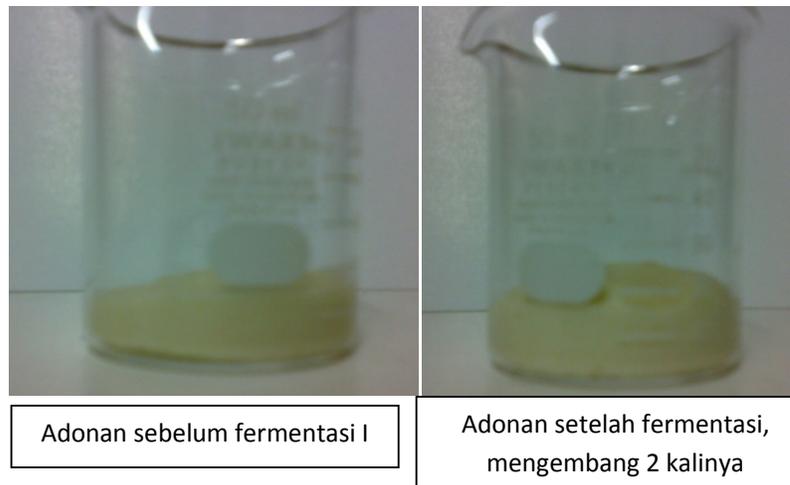
Masalah yang timbul pada percobaan pendahuluan III adalah hasil pemanggangan yang menunjukkan hasil tidak baik atau tidak mendekati struktur *crumb* pada roti tawar standar. Perlu dilakukan usaha untuk memperbaiki struktur *crum* dengan cara mengurangi jumlah amylopektin pada bahan baku tepung. Untuk itu dipilih tepung yang memiliki kandungan amylopektin sedikit yang akan dicampur dengan tepung singkong pada ratio tertentu.

4.4. Penentuan waktu optimum dengan bahan baku utama tepung komposit, CMC dan putih telur

Adonan pada percobaan ini menggunakan tepung komposit dengan ratio tepung terigu : tepung singkong (2:1) + putih telur (10% berat tepung) + CMC. Tepung terigu : tepung singkong (2:1), dipilih berdasarkan data literatur yang merupakan hasil study dari Soeganda, Hans [2009] , yang menyatakan bahwa perbandingan tersebut merupakan perbandingan optimal.

4.4.1. Fermentasi I

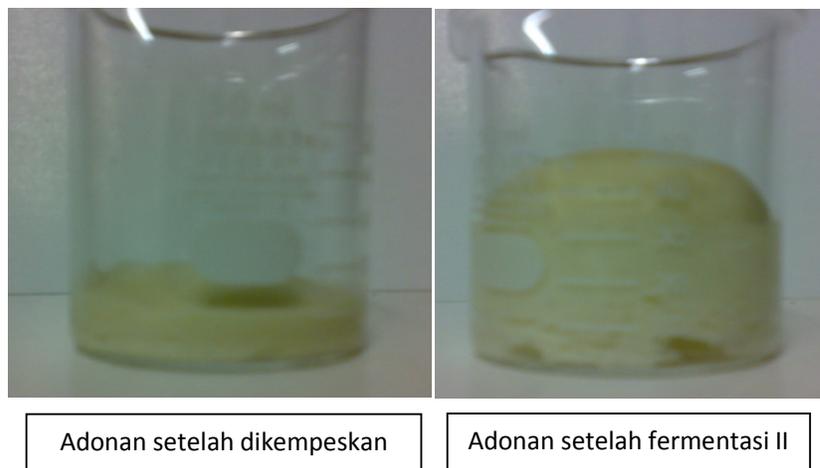
Pada fermentasi tahap I, adonan mampu mengembang dan mencapai volume 2kali dari volume semula dalam waktu 20 menit. Adonan berwarna putih kecoklatan.



Gambar 4.11. Adonan tepung komposit + CMC + putih telur pada proses fermentasi I

4.4.2. Fermentasi II

Hasil fermentasi II menunjukkan hasil seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.12. Adonan tepung komposit + CMC + putih telur pada proses fermentasi II

Terlihat bahwa adonan dapat mengembang dengan baik. Hal ini ditandai dengan perubahan volume selama pengembangan secara signifikan, tanpa adanya retakan ataupun adonan yang kembali kempes

4.4.3. Proses Pemanggangan

Adonan yang dihasilkan pada fermentasi II kemudian dipanggang dalam oven 190⁰C selama 25 menit. Struktur *crumb* hasil panggang menyerupai roti yang terbuat dari tepung terigu murni. Warna crust yang coklat kekuningan meskipun intensitasnya tidak seterang roti tepung terigu. Struktur *crumb* yang empuk dan berpori. Berikut adalah hasil dari pemanggangan:



Gambar 4.13. Struktur *crumb* pada adonan tepung komposit + CMC + putih telur

Permasalahan pada percobaan 4.3.dapat diatasi dengan penambahan tepung terigu yang memiliki kandungan amilopektin yang rendah.

4.5.Percobaan Utama

Pada percobaan utama dilakukan 3 variable. Variable I meliputi pembuatan roti tawar dengan bahan baku berupa campuran tepung terigu dan tepung singkong. Variasi ratio tepung yang digunakan adalah 2:1 ; 1:1. Variable

II meliputi penambahan gluten substitute CMC dan XG yaitu sebesar 3% dan 2%. Variable III meliputi penambahan putih telur pada pembuatan roti,

Komposisi dasar dalam pembuatan roti tawar berdasarkan standar dari PT.Bogasari yang dapat dilihat dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1. Komposisi bahan untuk adonan yang digunakan

Bahan	Persentase (%)	Jumlah (gram)
Tepung	100	159.5
Ragi	3	3.19
Air	60.5	96.5
Gula	5	7.978
Garam	2	2.12
Susu	3	3.19
<i>Shortening</i>	4	6.38
<i>Bread Improver</i>	1	1.59
*telur (variasi)	10	15.95
Total	188.5	296.398

[Sumber : Bogasari Baking Center ; 2007]

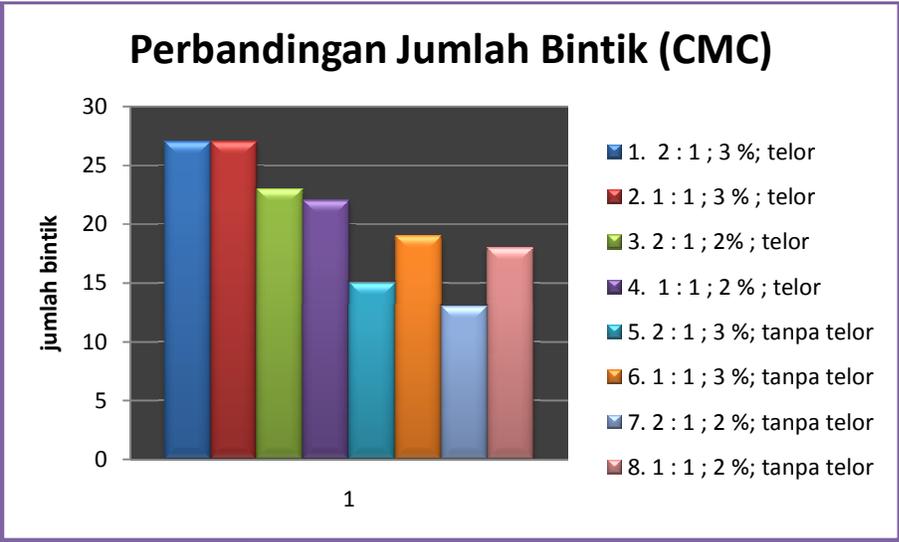
Tepung terigu yang digunakan adalah tepung cakra kembar produk dari PT. Bogasari dengan pertimbangan yang dilakukan bahwa produk ini memiliki kandungan gluten (14%) yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis tepung lainnya. Sedangkan tepung singkong yang digunakan adalah produk dari Budi Acid Jaya.

Bahan dicampurkan dengan proporsi sesuai table dan variasi run pada table. Proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan mixer kemudian air ditambahkan sedikit demi sedikit, Proses mixing dihentikan pada saat adonan sudah menjadi kalis. Proses fermentasi dilakukan sebanyak 2kali pada suhu ruang. Fermentasi I selama 20 menit, dan fermentasi II selama 55 menit. Adonan yang sudah selesai mengembang, diletakkan dalam Loyang yang sudah diolesi mentega dan tepung terigu. Hal tersebut bertujuan agar roti yang sudah matang dapat dikeluarkan dengan mudah. Sebelum roti dipotong dan dianalisis, roti dibiarkan dingin (sama dengan suhu ruang) agar bagian *crust* dan *crumb* tidak rusak pada saat dipotong.

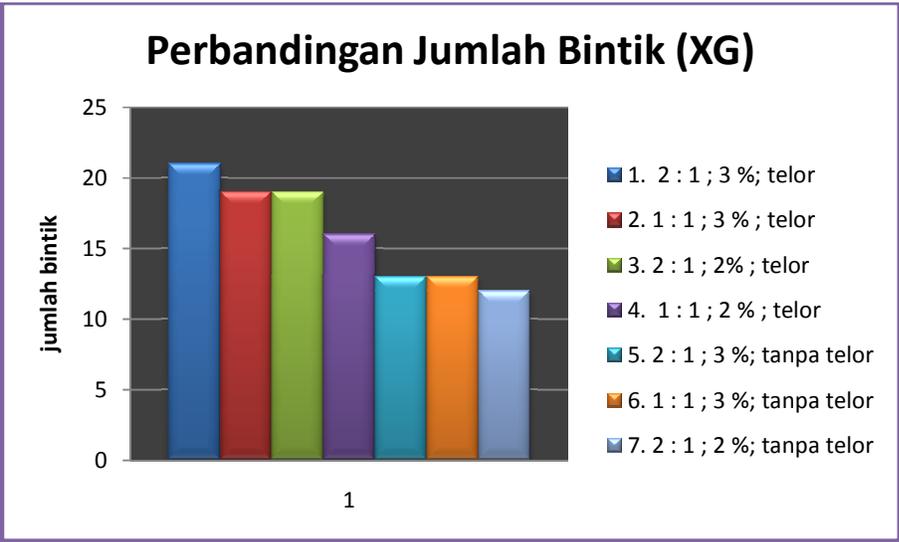
Analisis yang dilakukan untuk menentukan karakteristik produk roti tawar adalah shelf life roti, densitas, daya kembang, warna dan kekerasan roti. Dari berbagai variasi yang dilakukan akan ditentukan variasi run yang menghasilkan karakteristik roti tawar yang mendekati karakteristik roti tawar standard. Roti tawar standard dibuat dari tepung terigu murni.

4.5.1 Shelf Life Roti Tawar

Analisis ketahanan roti atau *shelf life* dilakukan dengan mengamati berapa lama roti tawar dapat bertahan sebelum ditumbuhi oleh jamur dan kapang pada produk tersebut. Analisis dilakukan dengan cara menyimpan roti tawar yang sudah dipotong-potong pada plastik kedap udara. Ketahanan roti terhadap pertumbuhan jamur atau lamanya masa *shelf life* roti sangat berkaitan dengan banyaknya kandungan air yang ada pada produk roti tersebut. Jamur dan kapang membutuhkan udara dan media yang lembab untuk tumbuh dan berkembang biak. Sehingga roti dengan kadar air lebih rendah akan lebih susah untuk ditumbuhi oleh jamur.



Gambar 4.14. Grafik perbandingan jumlah bintik pada roti dengan CMC



Gambar 4.15. Grafik perbandingan jumlah bintik pada roti dengan XG

Berdasarkan data yang diperoleh, pada semua produk memiliki masa *shelf life* yang sama, yaitu 3 hari. Yang berbeda hanyalah jumlah jamur (yang ditandai dengan titik-titik hitam) yang ada timbul pada produk roti. Produk roti dengan penggunaan tepung terigu lebih banyak (ratio 2:1) mempunyai jamur lebih

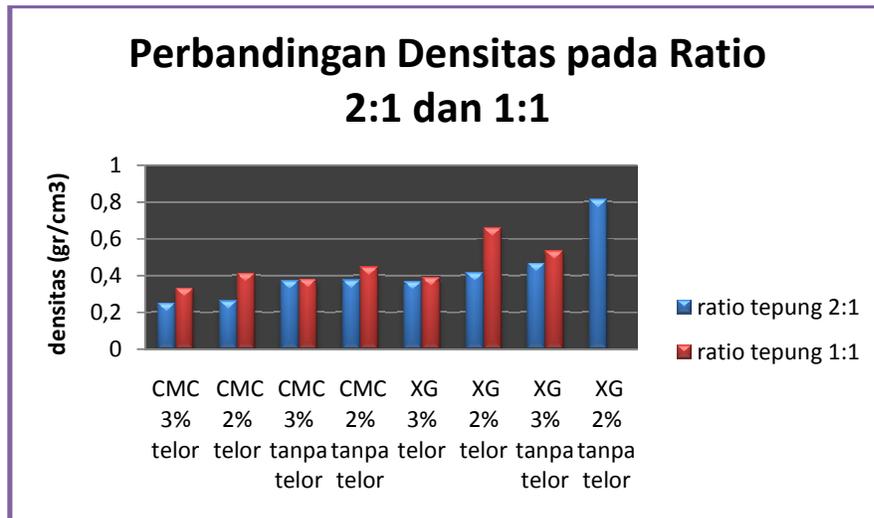
banyak. Tepung terigu memiliki daya serap terhadap air sebesar 60% [www.shumaonline.com, 2011] yang lebih besar dari pada tepung singkong sebesar 47,9% [O.B. Wurzburg, 2000], sehingga produk dengan ratio tepung terigu : singkong 2:1, akan mengandung air lebih banyak daripada produk dengan ratio tepung 2:1. Hal ini dikarenakan kadar amilosa pada tepung terigu lebih besar daripada tepung singkong dimana amilosa bersifat menyerap air.

Produk dengan penggunaan telur memiliki jumlah titik yang lebih banyak daripada produk tanpa penambahan telur. Kadar air dalam putih telur 88% dari berat keseluruhan putih telurnya. Penggunaan telur pada resep sebesar 15% dari berat tepung (15,95 gram). Produk dengan penambahan telur akan mempunyai 14,036 gram lebih banyak. Hal ini menyebabkan kandungan air akan semakin banyak.

Produk dengan penggunaan gluten substitute lebih banyak (3%) memiliki jumlah titik yang lebih banyak. Hal ini disebabkan karena sifat gluten substitute yang akan menyerap air dalam proses pembentukan jaringannya. Semakin banyak air yang terserap, makin banyak pula air yang tertahan dalam produk. Air yang terserap lebih susah teruapkan dibandingkan dengan air bebas.

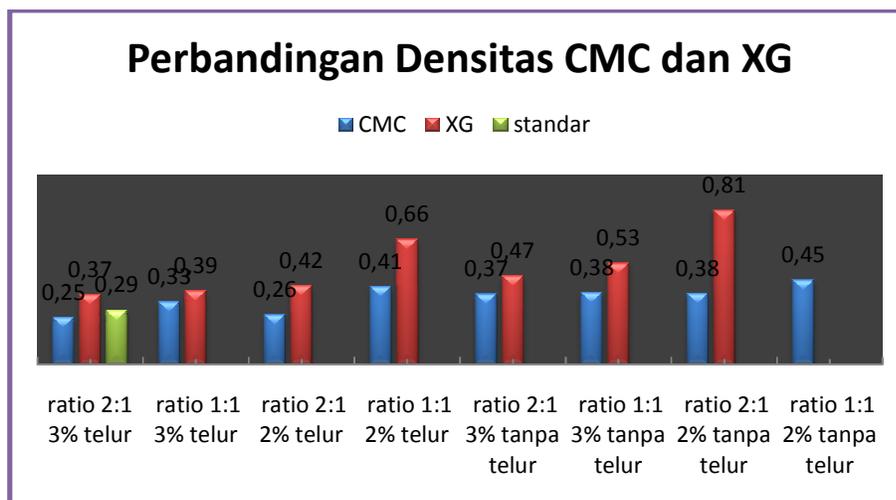
4.5.2 Densitas Roti Tawar

Densitas roti tawar menggambarkan ukuran kepadatan pada *crumb*. Semakin tinggi nilai densitas roti, maka roti akan semakin padat yang berimbas pada selera konsumen yang lebih menyukai pada roti tawar yang empuk. Roti tawar yang sudah dipanggang, dipotong dengan ukuran 2,5 x 2,5 x 2,5 cm. Potongan tersebut kemudian ditimbang dan diukur beratnya. Perhitungan densitas dilakukan dengan cara membagi berat roti terhadap volumenya.



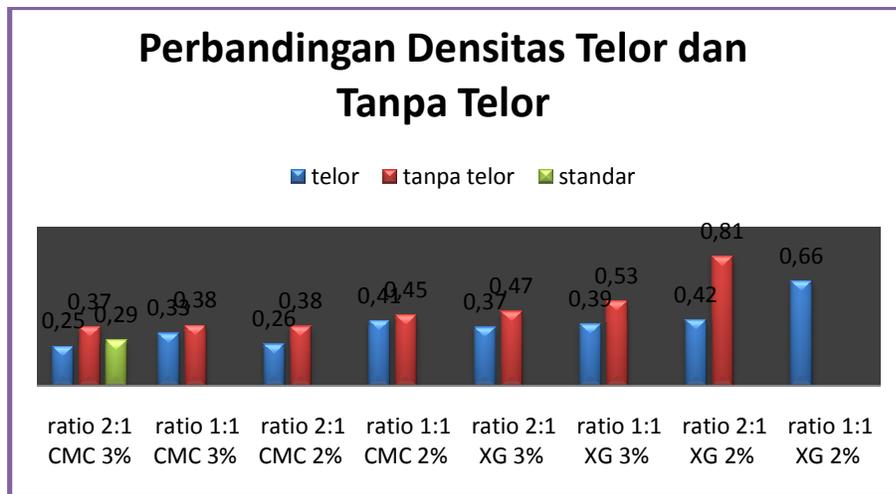
Gambar 4.16. Grafik perbandingan densitas (gr/cm^3) produk dengan ratio tepung 2:1 dan 1:1

Berdasarkan grafik dari gambar, dapat dilihat secara keseluruhan bahwa produk dengan ratio tepung terigu: tepung singkong 2:1 memiliki densitas yang lebih rendah bila dibandingkan dengan produk dengan ratio tepung 1:1. Pada ratio 2:1, adonan memiliki kandungan gluten yang lebih banyak daripada ratio 1:1, sehingga jaringan film yang terbentuk menjadi lebih kuat. Adonan yang mengembang lebih besar, akan mempunyai densitas yang lebih kecil karena pada struktur *crumb*nya memiliki lebih banyak rongga-rongga udara.



Gambar 4.17. Grafik perbandingan densitas (gr/cm^3) produk dengan CMC dan XG

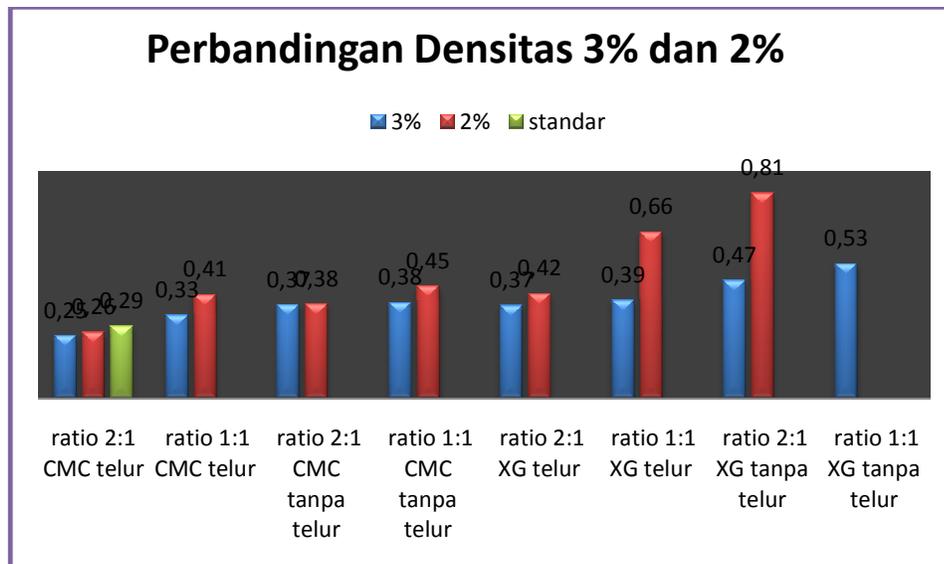
Berdasarkan grafik dari gambar, dapat dilihat secara keseluruhan bahwa produk yang menggunakan gluten substitute berupa Xanthan Gum mempunyai densitas yang lebih tinggi dari pada produk yang menggunakan CMC maupun roti standard. Sedangkan produk dengan penambahan CMC memiliki densitas yang lebih kecil daripada standard. Yang artinya, produk dengan gluten substitute CMC mempunyai tingkat keempukan yang paling tinggi. Pada dasarnya, bentuk jaringan yang terbentuk dari CMC maupun XG adalah serupa, yaitu jaringan kompleks berbentuk *rod* atau batang yang saling berbelit.



Gambar 4.18. Grafik perbandingan densitas (gr/cm^3) produk dengan telur dan tanpa telur

Berdasarkan grafik dari gambar, dapat dilihat bahwa produk dengan penambahan telur pada bahan bakunya mempunyai densitas yang lebih rendah bila dibandingkan dengan produk yang tidak menggunakan telur. Hal ini dikarenakan produk dengan penambahan telur dapat mengembang lebih besar. Telur yang mengandung banyak asam amino berbentuk globular mampu membentuk jaringan 3 dimensi. Meskipun jaringan yang terbentuk tidak sekuat gluten, akan tetapi jaringan ini membantu memperangkap CO_2 pada saat fermentasi maupun pemanggangan.

Putih telur juga berfungsi sebagai emulsifier, penguat jaringan. Pada proses pembuatan roti, putih telur memperkuat jaringan dengan membentuk kesatuan dengan gliadin. Dengan semakin kuatnya jaringan film yang terbentuk, akan semakin banyak gas yang tertahan. Hal ini mengakibatkan adonan semakin besar daya kembangnya. Adonan yang mengembang lebih besar, akan memiliki lebih banyak rongga-rongga, sehingga pada saat pengukuran densitas akan memiliki nilai yang lebih kecil.



Gambar 4.19. Grafik perbandingan densitas (gr/cm^3) produk dengan variasi jumlah gluten substitute

Berdasarkan grafik dari gambar, dapat dilihat bahwa produk yang adonannya ditambahkan gluten substitute yang lebih banyak (3%) mempunyai densitas yang lebih rendah bila dibandingkan dengan produk dengan penambahan gluten substitute sebesar 2% maupun dengan standar. Hal ini berkaitan erat dengan peran untuk memperkuat jaringan film yang akan menahan CO_2 pada saat proses fermentasi yang akan menyebabkan adonan mengembang. Adonan dengan penambahan gluten substitute lebih banyak, akan memiliki jaringan yang lebih

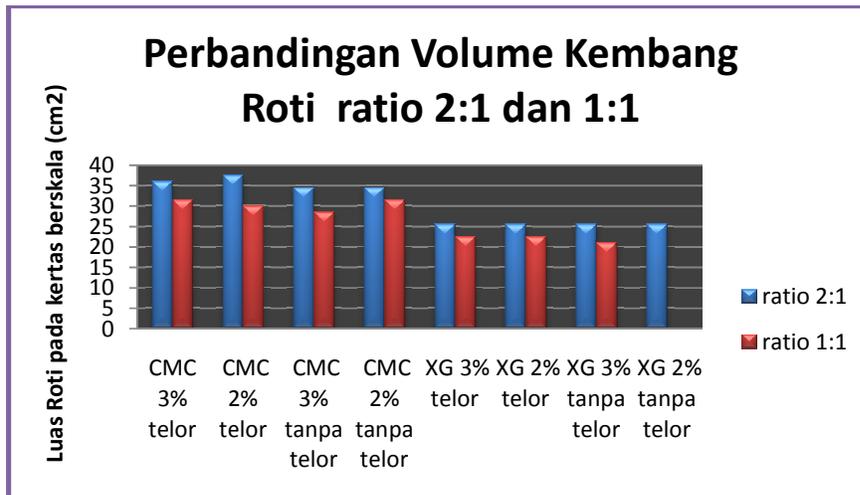
kuat. Dengan jaringan yang lebih kuat, adonan akan mengembang lebih maksimal.

Berdasarkan data percobaan, roti yang terbuat dari dari campuran tepung terigu : tepung singkong = 2 : 1, dengan penambahan putih telur dan gluten substitute CMC sebanyak 3% memiliki densitas yang paling kecil = $0,25 \text{ gr/cm}^3$. Dapat disimpulkan produk itulah yang mempunyai tingkat keempukan paling tinggi. Namun produk roti yang terbuat dari dari campuran tepung terigu : tepung singkong = 2 : 1, dengan penambahan putih telur dan gluten substitute CMC sebanyak 2 % memiliki densitas yang tidak terlalu berbeda secara signifikan yaitu sebesar $0,26 \text{ gr/cm}^3$.

4.5.3. Daya Kembang Roti Tawar

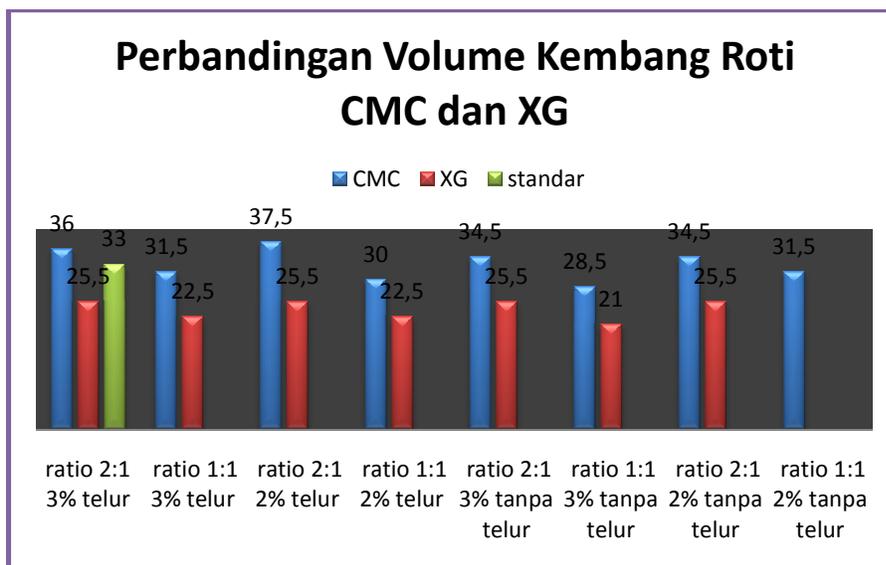
Pengamatan daya kembang roti dilakukan dengan tujuan untuk menilai kekuatan jaringan adonan roti dalam menahan gas CO_2 baik yang terbentuk pada proses fermentasi dan pada saat pemanggangan. Semakin kuat jaringan adonan akan menghasilkan roti dengan volume yang lebih besar. Hal ini dikarenakan tidak ada gas CO_2 yang terlepas akibat dari pecahnya atau sobeknya adonan pada saat proses fermentasi maupun pemanggangan.

Daya kembang roti dilakukan dengan menghitung luas potongan roti pada kertas berskala berukuran 1,5 x 1,5 cm. Potongan roti yang diukur adalah potongan yang berada di tengah-tengah, atau 10 cm dari ujung roti utuh.



Gambar 4.20. Grafik perbandingan volume kembang roti dengan variasi ratio

Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan tepung non terigu (tepung singkong), daya kembang roti akan semakin rendah.



Gambar 4.21. Grafik perbandingan volume kembang roti dengan variasi jumlah gluten substitute

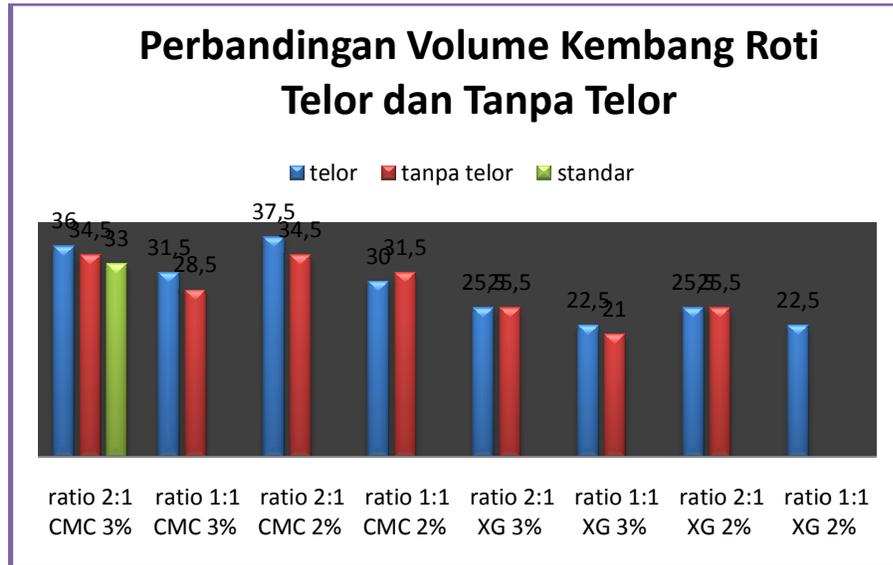
Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa produk dengan gluten substitute CMC memiliki volume kembang yang lebih besar bila dibandingkan dengan produk standard maupun penambahan XG. Perbedaan volume cukup signifikan.

Pada produk roti dengan gluten substitute Xanthan Gum, akan mengalami pengecilan ukuran bila dilihat proses fermentasi 2 dengan setelah pemanggangan. Fenomena ini bukan pengempisan, bisa dikatakan demikian karena permukaan crust tetap rata (tidak terlipat atau bergelombang). Hal ini dipengaruhi oleh interaksi antara polisakarida yang terkandung pada *gluten substitute* dengan protein yang terkandung dalam tepung maupun putih telur. Interaksi yang terjadi menghasilkan jaringan. CMC mampu berinteraksi lebih baik sehingga jaringan yang dihasilkan lebih kuat dalam menahan gas. Fenomena tersebut ditunjukkan oleh gambar dibawah:



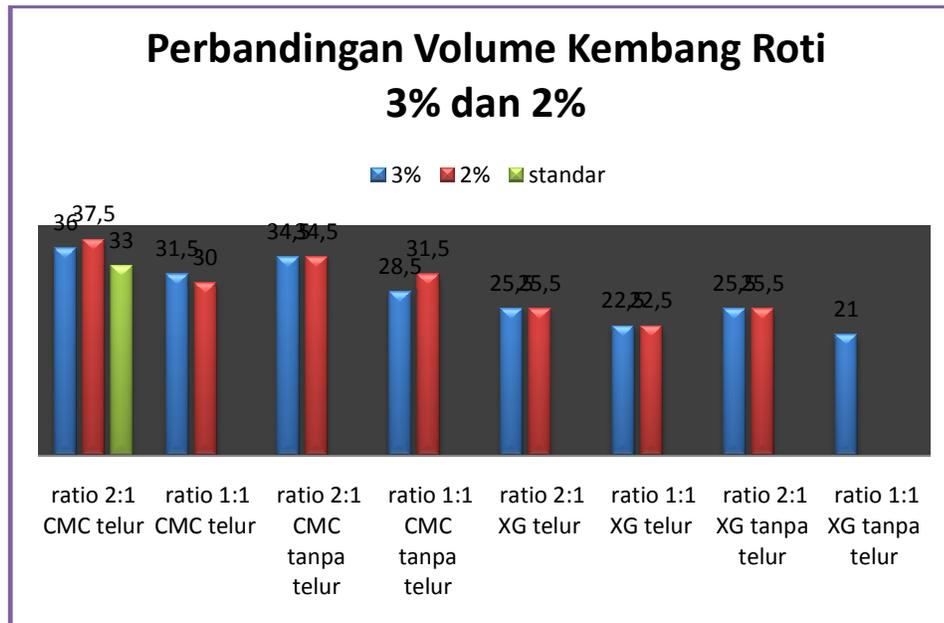
Gambar 4.22. Grafik perbandingan volume roti setelah pemanggangan dengan fermentasi II

Dari gambar di atas terlihat bahwa volume roti pada hasil fermentasi 2 lebih besar bila dibandingkan dengan roti hasil dari pemanggangan. Terjadi fenomena pengecilan ukuran.



Gambar 4.23. Grafik perbandingan volume kembang roti dengan variasi penggunaan telur

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa volume kembang roti pada adonan yang ditambahkan putih telur sebanyak 10% memiliki volume kembang yang lebih besar dibandingkan dengan adonan yang tidak ditambahkan telur. Peranan putih telur disini ialah putih telur mampu membantu gluten dalam membentuk jaringan. Putih telur mengandung asam amino yang berbentuk globular yang juga dapat membentuk struktur jaringan 3 dimensi walaupun tidak sekuat gluten+air. Jaringan bantuan inilah yang akan menahan CO₂ yang dihasilkan pada saat proses fermentasi maupun pemanggangan. Pada beberapa variasi ditemukan bahwa adonan dengan menggunakan telur memiliki volume yang lebih kecil ataupun sama dengan yang tidak menggunakan telur.



Gambar 4.24. Grafik perbandingan volume kembang roti dengan variasi jumlah penambahan gluten substitute

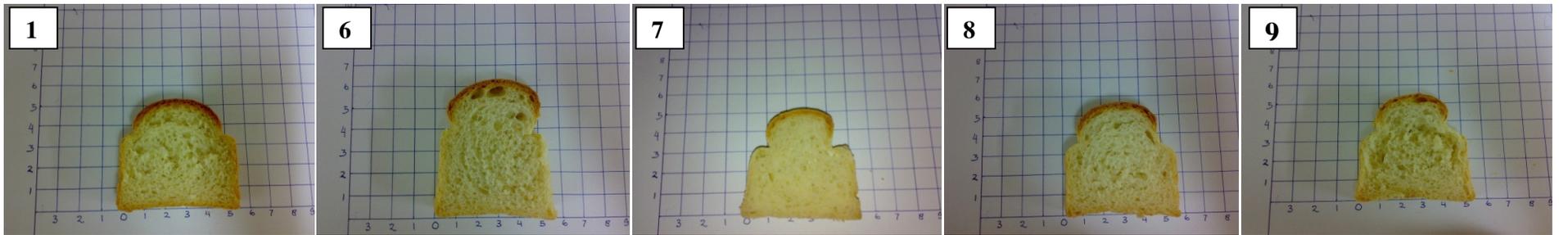
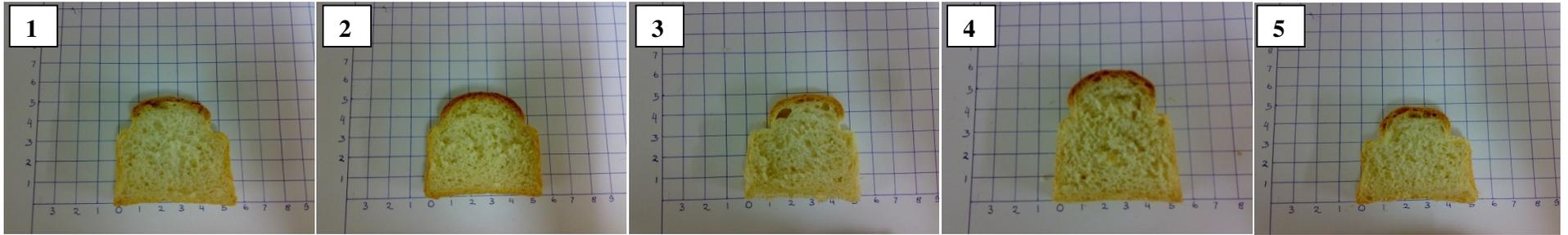
Berdasarkan grafik diatas disimpulkan bahwa produk dengan penambahan gluten substitute sebanyak 3% memiliki volume kembang yang lebih besar dari produk standard maupun penambahan 2%. Meskipun dengan penambahan 2% gluten substitute, adonan masih dapat mengembang hanya saja jaringan yang terbentuk tidak kuat. Pada beberapa variasi ditemukan bahwa pada penambahan 2% gluten substitute, terdapat sobekan pada adonan yang terjadi pada saat proses pemanggangan.



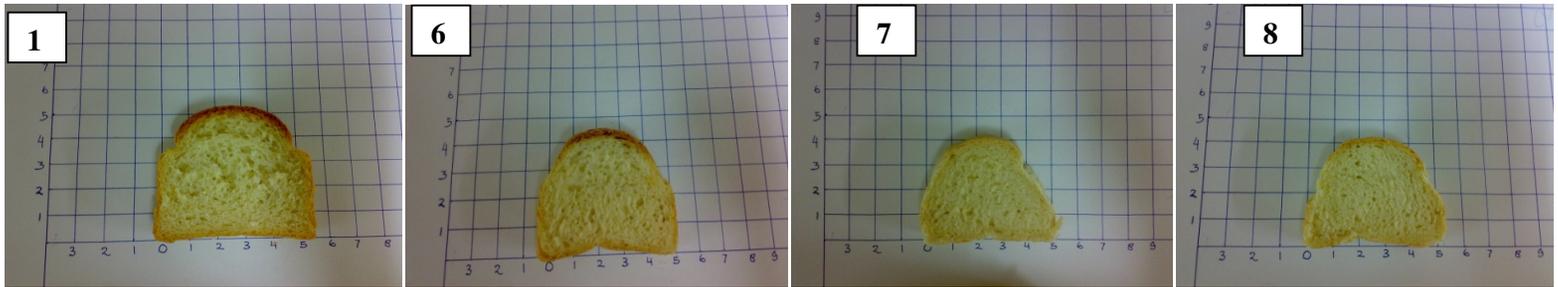
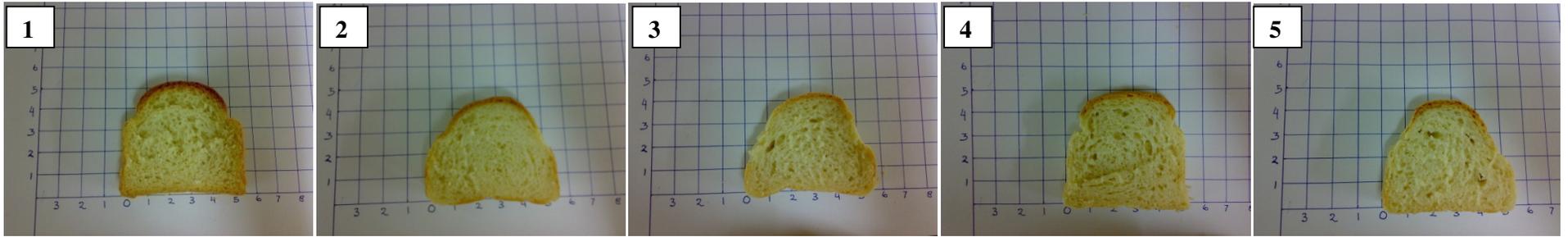
Gambar 4.25. Adonan roti sobek pada saat proses pemanggangan.

Hal inilah yang menyebabkan roti tidak dapat mengembang secara maksimal bahkan mengempis, sehingga diperoleh hasil roti yang bantat.

Berdasarkan data percobaan, roti yang terbuat dari dari campuran tepung terigu : tepung singkong = 2 : 1, dengan penambahan putih telur dan gluten substitute CMC sebanyak 2% memiliki volume yang paling besar yaitu sebesar 37,5 cm².



Gambar 4.26. Grafik perbandingan volume kembang roti tawar standard (1) dengan variasi produk roti tawar menggunakan CMC



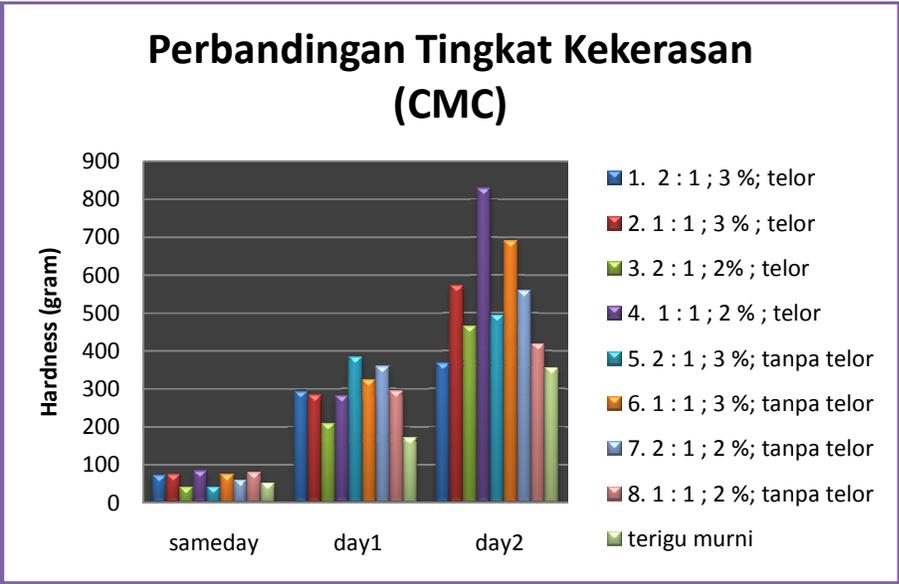
Gambar 4.27. Grafik perbandingan volume kembang roti tawar standard (1) dengan variasi produk roti tawar menggunakan XG

4.5.4. Kekerasan Roti (*Hardness*)

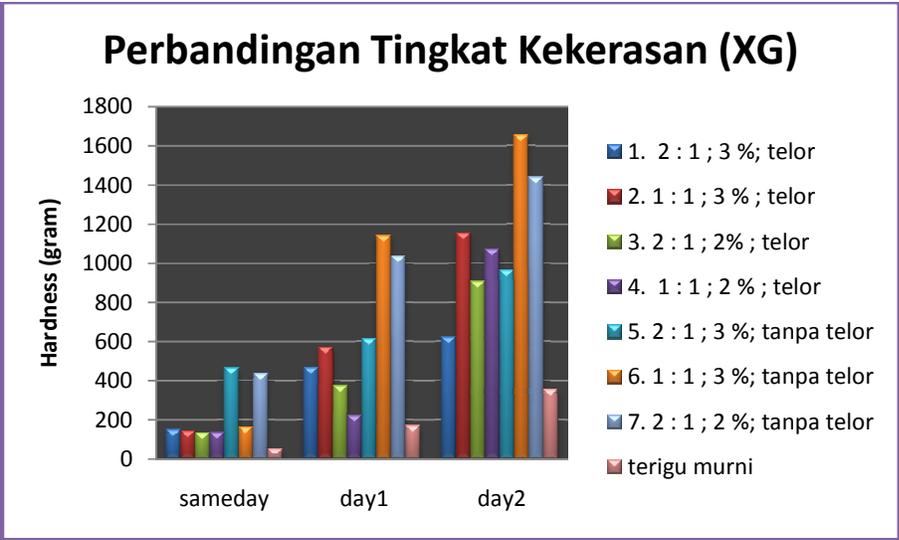
Analisa kekerasan roti tawar bertujuan untuk menentukan tingkat keempukan roti tawar itu sendiri. Analisis kekerasan dilakukan dengan menggunakan instrument *Texture Analyzer* yang terhubung dengan perangkat komputer. Roti tawar yang sudah dipanggang dan didinginkan hingga suhunya mendekati suhu ruang dipotong dengan ketebalan 2.5cm. Potongan roti tawar tersebut akan diletakkan di bawah probe (38,1mm Ø Perspex Cylinder) *Texture Analyzer* dan kemudian di press dengan metode tertentu (MODE: Measure force in compression, PLOT: Peak, SPEED: 1 mm/detik, DISTANCE: 3mm, OPTION: Normal, TRIGGER: Auto 4 g Trigger). Dari komputer yang terhubung akan terbaca grafik yang menggambarkan kekerasan roti tawar. Setelah melewati proses *calculating* yang tersedia dalam software *TextureProCT VI.1 Build 9* yang melengkapi *Texture Analyzer* akan terhitung nilai kekerasan roti tawar tersebut. Pengukuran dilakukan selama 3 hari, guna mengetahui kenaikan tingkat kekerasan roti.

Nilai kekerasan yang terbaca adalah nilai kekerasan dari bagian *crumb* roti. Nilai kekerasan terbaca dalam satuan gram. Semakin besar nilai kekerasan yang terbaca, menandakan bahwa roti tersebut punya tingkat kekerasan yang semakin tinggi pula. Roti yang keras umumnya tidak disukai konsumen karena tidak enak untuk dikonsumsi. Kekerasan *crumb* diakibatkan oleh karena ketidakmampuan jaringan *crumb* untuk menahan CO₂ yang dihasilkan pada saat proses fermentasi maupun pemanggangan, sehingga jaringan tersebut pecah dan saling memadat satu sama lain.

Grafik kekerasan *crumb* untuk setiap variasi yang dilakukan dapat dilihat pada gambar.



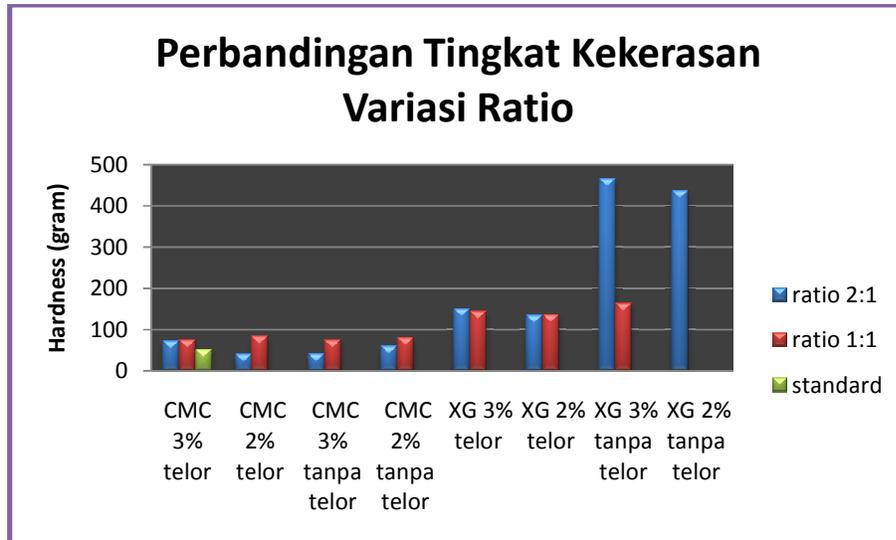
Gambar 4.28. Grafik perbandingan tingkat kekerasan produk dengan gluten substitute CMC



Gambar 4.29 Grafik perbandingan tingkat kekerasan produk dengan gluten substitute XG

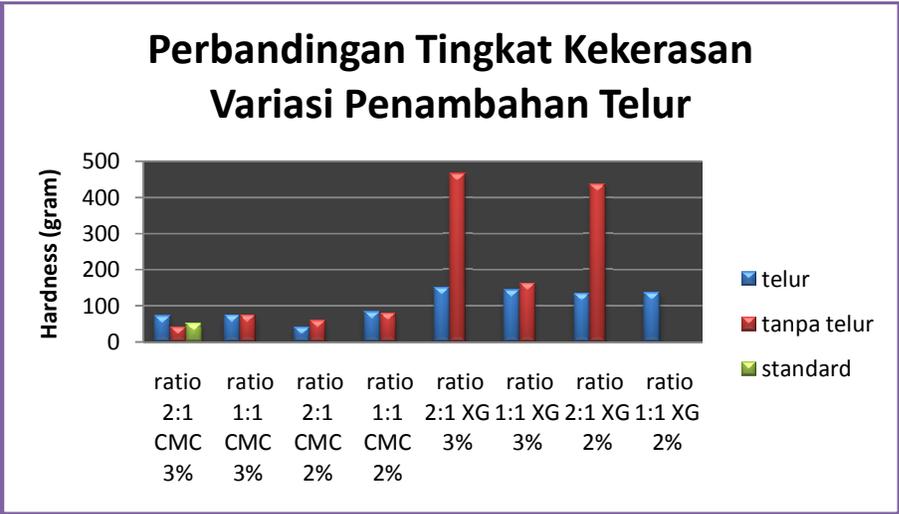
Berdasarkan kedua grafik di atas, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan produk roti dengan menggunakan gluten substitute CMC memiliki nilai *hardness*

yang lebih kecil. Hal ini menandakan bahwa roti tawar dengan gluten substitute CMC menghasilkan roti yang lebih empuk bila dibandingkan dengan roti yang menggunakan XG.



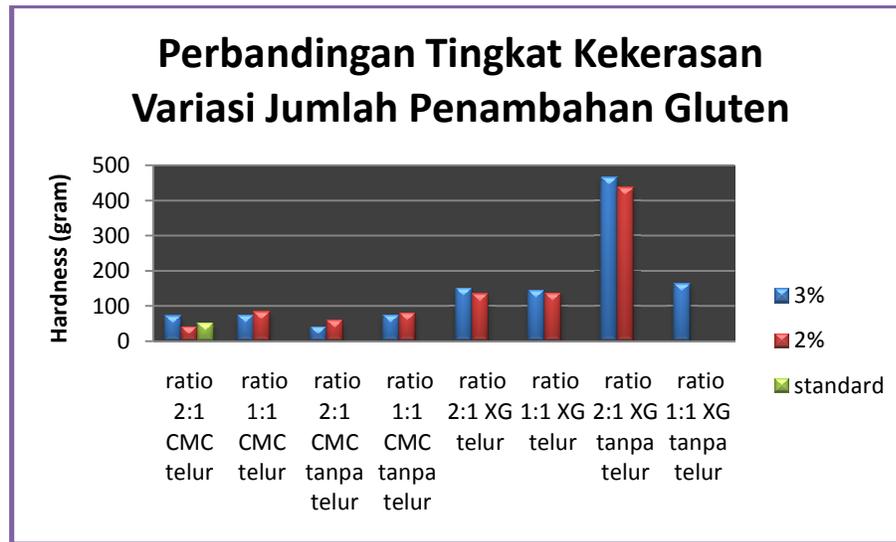
Gambar 4.30 Grafik perbandingan tingkat kekerasan produk dengan variasi ratio

Berdasarkan grafik di atas tidak dapat ditentukan kesimpulan yang pasti karena data menunjukkan inkonsistensi. Akan tetapi hampir sebagian besar data menunjukkan bahwa produk dengan ratio tepung terigu : tepung singkong = 1:1 memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi. Penggunaan tepung singkong yang lebih banyak menyebabkan jaringan pembentuk *crumb*. Jaringan yang terbentuk tidak bersifat elastik, tetapi liat. Hal ini dikarenakan oleh kandungan amilopektin sebagai pendorong sifat gumming pada tepung singkong lebih tinggi dibandingkan tepung terigu, Sehingga dihasilkan produk roti yang lebih liat dan keras pula..



Gambar 4.31 Grafik perbandingan tingkat kekerasan produk dengan variasi penambahan telur

Berdasarkan grafik di atas tidak dapat ditentukan kesimpulan yang pasti karena data juga menunjukkan inkonsistensi. Akan tetapi hampir sebagian besar data menunjukkan bahwa produk dengan penambahan telur sebanyak 10% memiliki tingkat kekerasan yang lebih rendah. Penggunaan telur membantu pembentukan jaringan *crumb* pada roti sehingga menjadi lebih kuat. Disini putih telur juga berperan sebagai pengemulsi yang menyebabkan adonan dapat tercampur sempurna sehingga struktur ikatan antara campuran tepung terigu dan tepung singkong sama baiknya dengan roti tawar standard.



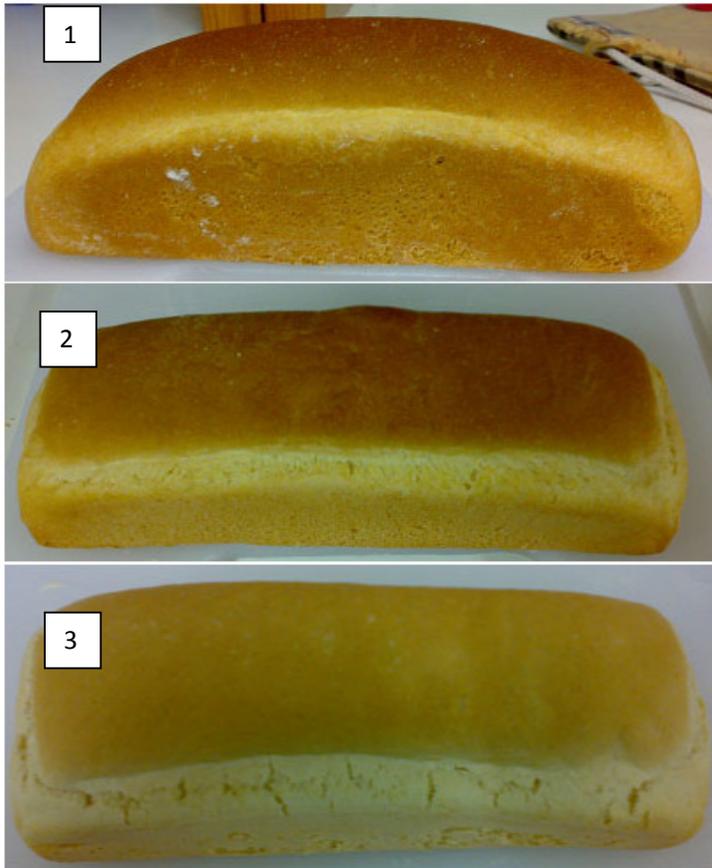
Gambar 4.32 Grafik perbandingan tingkat kekerasan produk dengan variasi jumlah penambahan gluten substitute

Berdasarkan grafik di atas tidak dapat ditentukan kesimpulan yang pasti karena data juga menunjukkan inkonsistensi. Akan tetapi hampir sebagian besar data menunjukkan bahwa produk dengan penambahan gluten substitute sebanyak 3% memiliki tingkat kekerasan yang lebih rendah dibanding dengan roti yang hanya ditambahkan 2% gluten substitute.

Sedangkan untuk bagian *crust*, produk roti dengan ratio tepung terigu : tepung singkong = 1:1 terasa lebih keras dibanding dengan roti dengan ratio tepung 2:1 maupun dengan roti standard. Hal ini disebabkan oleh karena kandungan amilopektin yang lebih banyak pada tepung singkong.

4.5.5. Warna Produk

Ratio tepung merupakan faktor yang mempengaruhi perbedaan warna. Warna roti tawar merupakan salah satu media untuk menarik minat konsumen pada saat mengkonsumsinya. Berikut adalah gambar perbedaan warna yang dihasilkan dari perbedaan ratio tepung



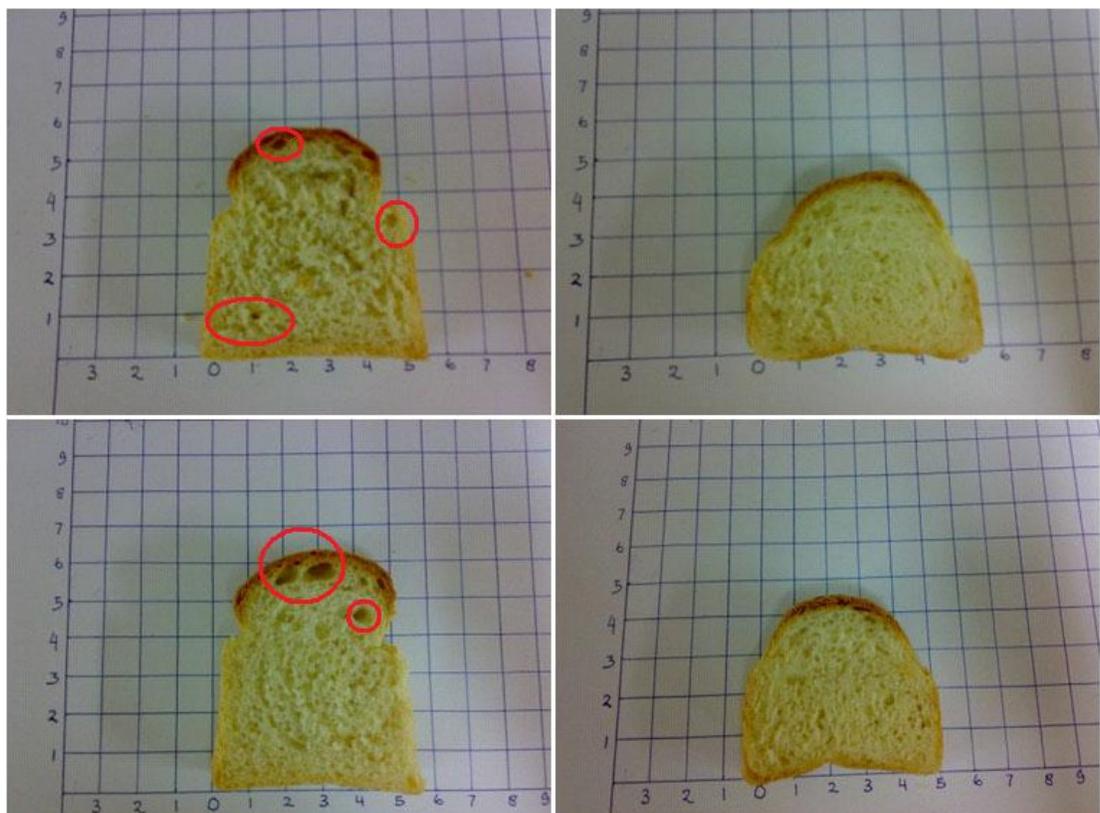
Gambar4.33. Grafik perbandingan warna ;1. Roti standard (terigu murni); 2. Ratio tepung 2:1; 3.ratio tepung 1:1

Berdasarkan gambar 4.32 perbandingan di atas, terlihat bahwa tepung terigu murni memiliki warna yang lebih gelap dibanding dengan produk dengan ratio tepung 2:1 maupun 1:1. Warna tersebut dihasilkan karena adanya proses karamelisasi glukosa yang terjadi pada saat pemanggangan. Berdasarkan literature, kadar gula dalam tepung singkong sebesar 5,13% [Grace, M.R . 1997] lebih tinggi daripada tepung terigu sebesar 0,27% [www.calorie-counter.net,2011]. Seharusnya, semakin banyak penggunaan tepung singkong pada adonan akan mengakibatkan warna yang semakin gelap, karena semakin banyak gula yang terkaramelisasi. Akan tetapi, hasil percobaan menunjukkan hasil yang sebaliknya.

Warna coklat yang timbul juga disebabkan oleh karena terjadinya reaksi Maillard, yaitu reaksi antara amino protein dengan gula reduksi yang menghasilkan melanoid berwarna coklat. Tepung terigu memiliki kandungan protein yang lebih tinggi dari pada tepung singkong. Oleh karena itu produk dengan penggunaan tepung terigu lebih banyak, akan berwarna lebih gelap. Hal ini dikarenakan lebih banyak asam amino yang bereaksi.

4.5.6. Struktur *Crumb* Roti Tawar

Hal yang menjadi fokus pada analisa struktur *crumb* adalah porositas dari *crumb* itu sendiri. Dari hasil percobaan, variasi yang dilakukan akan menyebabkan perbedaan struktur *crumb* pada roti tawar yang dihasilkan. Perbedaan secara jelas terlihat, terutama pada adonan dengan variasi jenis *gluten substitute*. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.34. Perbandingan porositas *crumb* roti dengan *gluten substitute* CMC (kiri) dan XG (kanan)

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa roti yang menggunakan *gluten substitute* CMC memiliki struktur yang lebih berpori bila dibandingkan dengan roti yang menggunakan XG. Pori-pori yang dihasilkan lebih besar.

Besarnya pori-pori yang dihasilkan, berkaitan erat dengan kemampuan adonan untuk mengembang. Semakin besar adonan mampu mengembang, pori-pori yang terbentuk pada *crumb*roti juga akan semakin besar. Kemampuan mengembang dari suatu adonan, juga dipengaruhi oleh kekuatan adonan itu sendiri. Semakin kuat adonan, jaringan yang terbentuk akan semakin kuat sehingga CO₂ hasil fermentasi maupun pemanggang yang dapat tertahan juga akan semakin banyak. CO₂ itulah yang akan mendorong adonan hingga terbentuk pori-pori pada *crumb*. Hal ini dipengaruhi oleh interaksi antara polisakarida yang terkandung pada *gluten substitute* dengan protein yang terkandung dalam tepung maupun putih telur. Interaksi yang terjadi menghasilkan jaringan. CMC mampu berinteraksi lebih baik sehingga jaringan yang dihasilkan lebih kuat dalam menahan gas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

1. Adonan roti tawar tetap memerlukan pengganti gluten yang terikat pada tepung agar dapat dihasilkan produk roti dengan karakteristik yang mendekati produk roti berbahan dasar terigu,
2. *Gluten substitute* yang ditambahkan berfungsi membantu pembentukan tekstur roti dengan meningkatkan kekuatan jaringan agar roti mampu mengembang secara maksimal. Penambahan gluten substitute CMC menghasilkan *produk roti yang* lebih baik bila dibandingkan dengan adonan dengan penambahan Xanthan Gum.
3. Putih telur (10%) mempunyai peranan penting dalam menghasilkan tekstur roti yang lebih baik daripada adonan yang tidak ditambahkan dengan putih telur.
4. Komposisi yang menghasilkan karakteristik yang menyerupai roti yang berbahan dasar tepung terigu adalah: ratio tepung terigu :tepung singkong = 2:1 dengan penambahan CMC dan putih telur secara berturut-turut 2% dan 10% dari total adonan.

V.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut yang lebih menitik beratkan pada modifikasi tepung singkong sehingga dapat dihasilkan roti tawar dengan bahan baku tepung singkong murni.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih jauh untuk memperoleh ratio optimum penambahan putih telur dan air agar diperoleh produk roti yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Desrosier, Norman W. 2008. **Teknologi Pengawetan Makanan**, Universitas Indonesia : Jakarta.
2. E. Mettler and W. Seibel. 1993. **Effects of Emulsifiers and Hydrocolloids on Whole Wheat Bread Quality: A Response Surface Methodology Study**, Cereal Chemistry 70(4). 373-377.
3. E. Mettler and W. Seibel. 1995. **Optimizing of Rye Bread Recipes Containing Mono-Diglyceride, Guar Gum, and Caboxymethylcellulose Using a Maturograph and an Overise Recorder**, Cereal Chemistry 72(1). 109-115.
4. Fransisca, Maria. 2007. **Pemanfaatan Tepung Singkong dan Tepung Kedelai Dalam Pembuatan Roti Tawar**, Laboratorium Penelitian UNPAR : Bandung.
5. Grace, M.R. 1977. **Cassava Processing**, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
6. Hidayat, 2007. **Harga Terigu Naik 4,5 Persen Per Bulannya**, Harian Kompas: Jakarta.
7. M. Miyazaki, T. Maeda, N. Morita. 2005. **Starch Retrogradation and Firming of Bread Containing Hydroxypropylated, Acetylated, and Phosphorylated Cross-Linked Tapioca Starch for Wheat Flour**, Food Research International 82(2006). 639-644.
8. O. B. Wurzburg. 2000. *Modified Starches: Properties and Uses*, CRC Press, Inc: Florida
9. Ribotta, Pablo D, Ausar. F Salvador, Morcillo. H Martin, Perez. T Gabriela, Beltramo. M Dante, Leon. E Alberto. 2004. **Production of Gluten-Free Bread Using Soybean Flour**, Journal of the Science of Food and Agriculture 84. 1969-1974.
10. S. Mezaize, S. Chevallier, A. Le Bail, M de Lamballerie. 2009. **Optimization of Gluten-Free Formulations for French-Style Breads**, Journal of Food Science 74. 140-146

11. Sabrina. 2008. **Efek Pencampuran Tepung Peuyeum dan Tepung Singkong Terhadap Tekstur dan Rasa Roti Tawar**, Laboratorium Penelitian UNPAR : Bandung.
12. Sluimer, Piet. 2005. *Principles of Breadmaking*, American Association of Cereal Chemist, Inc : USA.
13. Soeganda, Hans. 2009. **Substitusi Tepung Singkong (Murni dan Modifikasi) dengan Tepung Terigu dalam Pembuatan Roti Tawar**, Laboratorium Penelitian UNPAR : Bandung.
14. Thomas, David J. and Atwell, William A. 1998. *Starches*, American Association of Cereal Chemist, Inc : USA.

LAMPIRAN A

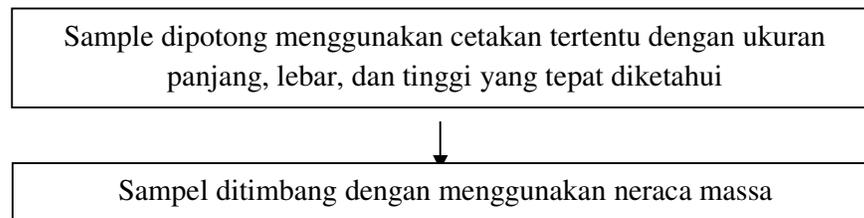
PROSEDUR ANALISIS

A.1 Analisis Densitas Roti

A.1.1. Alat

- Cetakan
- Neraca massa

A.1.2. Cara Kerja



Gambar A.1 Prosedur Analisis Densitas Roti

A.1.3. Perhitungan Densitas Roti

- Volume cetakan = volume roti = panjang x lebar x tinggi

$$Densitas Roti = \frac{Massa Roti(gram)}{Volume Roti(cm^3)}$$

A.2 Analisis Daya Kembang Roti

Prosedur analisis daya kembang roti dipaparkan sebagai berikut:

- Roti tawar yang dihasilkan dipotong dengan ketebalan yang sama besar pada masing-masing sampelnya.
- Potongan tersebut diletakkan pada kertas berskala (mm blok)
- Bandingkan tiap sampel secara visual

A.3 Analisis Warna Crust

Prosedur analisis warna crust dipaparkan sebagai berikut:

- Ambil crust dari tiap sampel roti tawar yang dihasilkan
- Ambil gambar dengan menggunakan kamera
- Bandingkan tiap sampel dengan roti tawar terigu pasaran secara visual

A.4 Analisis Struktur Crumb

Prosedur analisis struktur crumb dipaparkan sebagai berikut:

- Ambil crumb dari tiap sampel roti tawar yang dihasilkan
- Ambil gambar dengan menggunakan kamera
- Bandingkan tiap sampel dengan roti tawar terigu pasaran secara visual

A.5 Analisis Kekerasan Roti Tawar

Analisis kekerasan roti tawar menggunakan instrument *Texture Analyzer*

Prosedur analisis kekerasan roti tawar dipaparkan sebagai berikut:

- Roti tawar dipotong dengan ketebalan 2.5cm
- Pasang probe (38.1mm Ø Perspex Cylinder) pada *Texture Analyzer*
- Potongan tersebut diletakkan di bawah probe instrument *Texture Analyzer*
- Metode dan kondisi ditentukan
- Jalankan mesin *Texture Analyzer* untuk menekan potongan roti tawar
- Hasil tekanan berupa grafik yang terbaca dalam perangkat komputer

A.6 Analisa Daya Kembang Adonan

Prosedur analisis daya kembang roti dipaparkan sebagai berikut:

- Adonan yang dihasilkan dipotong dengan ukuran yang sama besar pada masing-masing sampelnya.
- Potongan tersebut diletakkan ke dalam gelas ukur

- Adonan didiamkan ± 30 menit sampai proses pengembangan selesai
- Hitung perubahan tinggi masing-masing sampel dengan menggunakan penggaris
- Bandingkan tiap sampel secara visual

LAMPIRAN B
HASIL ANTARA

a. Gluten Substitute = CMC

Variasi	Gluten Substitute (%)	telur/tidak	shelf life	bintik	luas kertas berskala	berat roti	volume roti	densitas
			(hari)	(bintik)	(cm ²)	(gram)	(cm ³)	(gram/cm ³)
1. ratio tepung terigu : singkong = 2 : 1	3	telur	3	27	36	3.9083	15.626	0.250118
2. ratio tepung terigu : singkong = 1 : 1	3	telur	3	27	31.5	7.4508	22.5	0.331147
3. ratio tepung terigu : singkong = 2 : 1	2	telur	3	23	37.5	4.9508	18.75	0.264044
4. ratio tepung terigu : singkong = 1 : 1	2	telur	3	22	30	6.1842	15	0.41228
5. ratio tepung terigu : singkong = 2 : 1	3	tanpa telur	3	15	34.5	2.9773	8	0.372163
6. ratio tepung terigu : singkong = 1 : 1	3	tanpa telur	3	19	28.5	3.8113	10	0.38113
7. ratio tepung terigu : singkong = 2 : 1	2	tanpa telur	3	13	34.5	3.7526	10	0.37526
8. ratio tepung terigu : singkong = 1 : 1	2	tanpa telur	3	18	31.5	4.4698	10	0.44698

b. Gluten Substitute = Xanthan Gum

Variasi	Gluten Substitute (%)	telur/ tidak	<i>shelf life</i>	bintik	luas kertas berskala	berat roti	volume roti	densitas
			(hari)	(bintik)	(cm ²)	(gram)	(cm ³)	(gram/cm ³)
1. ratio tepung terigu : singkong = 2 : 1	3	telur	3	21	25.5	4.6198	12.5	0.369584
2. ratio tepung terigu : singkong = 1 : 1	3	telur	3	19	22.5	8.7743	22.5	0.389969
3. ratio tepung terigu : singkong = 2 : 1	2	telur	3	19	25.5	5.2097	12.5	0.416776
4. ratio tepung terigu : singkong = 1 : 1	2	telur	3	16	22.5	2.2292	3.375	0.660489
5. ratio tepung terigu : singkong = 2 : 1	3	tanpa telur	3	13	25.5	2.7318	5.832	0.468416
6. ratio tepung terigu : singkong = 1 : 1	3	tanpa telur	3	13	21	2.405	4.5	0.534444
7. ratio tepung terigu : singkong = 2 : 1	2	tanpa telur	3	12	25.5	6.1063	7.5	0.814173
8. ratio tepung terigu : singkong = 1 : 1								

Hardness

*)Pada roti tawar standard

	Hardness (gram)		
	sameday	day1	day2
Tepung terigu	52	171	356

a. CMC

	Hardness (gram)		
	sameday	day 1	day 2
1. 2 : 1 ; 3 %; telur	72.5	293	368
2. 1 : 1 ; 3 % ; telur	74.5	283.5	572.5
3. 2 : 1 ; 2% ; telur	41	209	465.5
4. 1 : 1 ; 2 % ; telur	84	282	829
5. 2 : 1 ; 3 %; tanpa telur	41.5	384.5	494.5
6. 1 : 1 ; 3 %; tanpa telur	74.5	324	690.5
7. 2 : 1 ; 2 %; tanpa telur	60	359	559.5
8. 1 : 1 ; 2 %; tanpa telur	80.5	294.5	419

b. XG

	Hardness (gram)		
	sameday	day 1	day 2
1. 2 : 1 ; 3 %; telur	150.5	467.5	623.5
2. 1 : 1 ; 3 % ; telur	144.5	572	1155.5
3. 2 : 1 ; 2% ; telur	134.5	374.5	907
4. 1 : 1 ; 2 % ; telur	136.5	222.5	1073
5. 2 : 1 ; 3 %; tanpa telur	465.5	616	965.5
6. 1 : 1 ; 3 %; tanpa telur	163.5	1141.5	1655
7. 2 : 1 ; 2 %; tanpa telur	437	1036.5	1440

LAMPIRAN C
CONTOH PERHITUNGAN

1. Densitas Roti

RUN 1

Berat potongan roti : 3.9081 gram

Volume potongan roti : 2.5 cm x 2.5 cm x 2.5 cm = 15.625 cm³

Densitas Roti : $\frac{\text{massa (gram)}}{\text{volume (cm}^3\text{)}}$

$$: \frac{3.9081 \text{ gram}}{15.625 \text{ cm}^3}$$

: 0.250118 gram / cm³

LAMPIRAN D
DOKUMENTASI



Gambar D.1 Texture analyzer CT3-Brookfield