



SKRIPSI

PEMBUATAN *CRACKERS* JAGUNG DAN PENDUGAAN UMUR SIMPANNYA DENGAN PENDEKATAN KADAR AIR KRITIS

Oleh :

ESTHER MARIANA

F24050816



2010

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR**

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PEMBUATAN *CRACKERS* JAGUNG DAN DAN PENDUGAAN UMUR SIMPANNYA DENGAN PENDEKATAN KADAR AIR KRITIS

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Oleh :

ESTHER MARIANA

F24050816

2010

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR**

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Skripsi : Pembuatan *Crackers* Jagung dan Pendugaan Umur Simpannya dengan Pendekatan Kadar Air Kritis
Nama : Esther Mariana
NRP : F24050816

Menyetujui:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Dr. Ir. Sugiyono, M.AppSc)
NIP: 19650729.199002.1.002

(Aton Yulianto, M.Eng)
NIP: 19700721.199401.1.001

Mengetahui:
Ketua Departemen,

(Dr. Ir. Dahrul Syah, MSc)
NIP: 19650814.199022.1.001

Tanggal ujian: 11 Maret 2010

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Esther Mariana. F24050816. 2010. Pembuatan Crackers Jagung dan Pendugaan Umur Simpannya dengan Pendekatan Kadar Air Kritis. Di bawah bimbingan Sugiyono dan Aton Yulianto.

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk membuat produk *crackers* dengan bahan baku tepung jagung. Penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan dilakukan dengan membuat tepung jagung dan menganalisis karakter fisik dan kimianya. Penelitian utama dilakukan dengan membuat *crackers* melalui formulasi tepung jagung (50% sampai 100% dari total tepung yang digunakan), menganalisis produk dari formula terbaik, dan menduga umur simpannya menggunakan pendekatan kadar air kritis dengan menerapkan kurva sorpsi isoteremis dan persamaan Labuza. Pembuatan tepung jagung berukuran 120 mesh menghasilkan rendemen sebesar 30.8% dari jagung pipil. Formula terbaik pada pembuatan *crackers* ini menggunakan 60% tepung jagung. Produk *crackers* yang dikemas dengan *metallized plastic* dan disimpan pada suhu 30⁰C, RH 75% menunjukkan umur simpan yang paling lama yaitu 366 hari.

Keywords: tepung jagung, *crackers*, umur simpan, dan sorpsi isoteremis

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Esther Mariana. F24050816. 2010. Production of Corn Crackers and Prediction of It's Shelf Life Using Critical Moisture Content Approach. Under supervision of Sugiyono and Aton Yulianto

ABSTRACT

The objective of this research was to make crackers product based on corn flour. This research was divided into two stages; preliminary research and main research. The preliminary research was conducted by production of corn flour and analysis of it's physical and chemical characters. The main research was conducted by production of crackers through formulation based on corn flour (50% to 100% of the total flour used), analysis of the best formula product, and prediction of it's shelf life using critical moisture content approach by applying isotherm sorption curve and Labuza's mathematical equation. The production of corn flour from corn kernels resulted 30.8% yield of 120 mesh corn flour. The best crackers product was obtained from a formula of 60% corn flour. Crackers product packaged in metallized plastic and stored at 30⁰C, 75% RH showed the longest shelf life which was equal to 366 days.

Keywords: corn flour, crackers, shelf life, and isotherm sorption

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Esther Mariana. F24050816. 2010. Pembuatan Crackers Jagung dan Pendugaan Umur Simpannya dengan Pendekatan Kadar Air Kritis. Di bawah bimbingan Sugiyono dan Aton Yulianto.

RINGKASAN

Terigu merupakan hasil pengolahan biji gandum yang banyak digunakan sebagai bahan baku produk pangan diantaranya *cookies*, roti, dan mi. Konsumsi terigu terus meningkat cukup signifikan setiap tahunnya padahal kebutuhan terigu di Indonesia diperoleh dengan cara mengimpor gandum dalam jumlah besar. Oleh karena itu, perlu adanya perhatian yang lebih terhadap pemanfaatan komoditi dalam negeri (komoditi lokal) untuk digunakan sebagai bahan pangan.

Jagung merupakan salah satu sumber karbohidrat yang sudah tidak asing lagi bagi masyarakat Indonesia dan mempunyai prospek yang cukup baik sebagai bahan pangan maupun bahan baku industri. Namun, penggunaannya dalam bentuk tepung jagung relatif belum berkembang secara signifikan. Dengan demikian, melalui penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah tepung jagung dengan membuat diversifikasi produk *crackers* yang umumnya terbuat dari tepung terigu. *Crackers* merupakan salah satu produk pangan yang cukup banyak diminati oleh masyarakat saat ini. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pembuatan *crackers* dengan berbasis tepung jagung dan menduga umur simpannya.

Penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Pada penelitian pendahuluan dilakukan pembuatan tepung jagung dan analisis karakternya secara fisik dan kimia, sedangkan pada penelitian utama dilakukan pembuatan produk *crackers* dan analisis umur simpannya. Pembuatan tepung jagung menghasilkan rendemen 30.8% (basis jagung pipil). Tepung jagung yang dihasilkan berwarna kuning dengan tingkat kecerahan (L) sebesar 82.51, dan densitas kamba 0.74 g/ml. Tepung jagung memiliki suhu awal gelatinisasi 69⁰C, viskositas maksimum 725 BU, suhu puncak gelatinisasi 93.75⁰C, *breakdown viscosity* 125 BU, dan *setback viscosity* 570 BU. Tepung jagung memiliki kadar air 7.45% b/b atau 8.06% b/k, kadar abu 0.13% b/b atau 0.14% b/k, kadar protein 6.67% b/b atau 7.21% b/k, kadar lemak 2.38% b/b atau 2.57% b/k, kadar karbohidrat (*by difference*) 83.37% b/b dan 90.08% b/k, kadar serat kasar 0.88 % b/b atau 0.95% b/k, kadar pati 59.39% b/b, kadar amilosa 27.90% b/b, dan kadar amilopektin 31.49% b/b.

Pembuatan *crackers* dilakukan dengan penggunaan tepung jagung dan penambahan tepung ketan dengan komposisi tepung jagung 50% (F1), 60% (F2), 70% (F3), 80% (F4), 90% (F5), dan 100% (F6) dari total tepung yang digunakan. Pemilihan produk terbaik dilakukan dengan menggunakan uji organoleptik yaitu rating hedonik terhadap parameter kerenyahan dan keseluruhan (*overall*). Pengujian terhadap atribut rasa, aroma, dan warna tidak dilakukan karena produk *crackers* ini adalah produk dasar (*basic product*) yang masih bisa dikembangkan, misalnya dengan penambahan *seasoning*. Hasil uji ANOVA pada parameter kerenyahan dan secara keseluruhan (*overall*) menunjukkan bahwa perlakuan formulasi berpengaruh nyata pada taraf signifikansi 5%. Hasil uji lanjutan Duncan



terhadap kedua parameter tersebut menunjukkan bahwa formula yang paling disukai adalah F1 dan F2 (F1 dan F2 tidak berbeda nyata). Penentuan produk terbaik kemudian didasarkan pada formula yang memiliki basis tepung jagung terbanyak yaitu F2 (*crackers* dengan rasio tepung jagung : tepung ketan = 60:40). Produk *crackers* ini kemudian diuji organoleptik dengan *crackers* yang berasal dari 100% tepung ketan untuk melihat daya terima konsumen pada masing-masing produk. Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata terhadap kesukaan pada kedua sampel pada taraf signifikansi 5%.

Produk *crackers* terbaik berwarna kuning dengan tingkat kecerahan (nilai L) sebesar 73.20, rasio pengembangan 11.18%, nilai kerenyahan 250.8 gf, nilai kekerasan 384.7 gf, dan a_w 0.470. Analisis kimia pada produk menunjukkan bahwa *crackers* mempunyai kadar air 4.67% b/b atau 4.90% b/k, kadar abu 1.90% b/b atau 1.98% b/k, kadar protein 5.36% b/b atau 5.57% b/k, kadar lemak 7.46 % b/b atau 7.80% b/k, kadar karbohidrat (*by difference*) 80.61% b/b atau 84.65% b/k, kadar serat kasar 1.50% b/b atau 1.56% b/k, kadar pati 58.98% dengan kandungan amilosa 16.98% dan amilopektin 42.00%. Nilai energi *crackers* adalah 405.02 kkal/100 g.

Pendugaan umur simpan *crackers* dilakukan dengan pendekatan kadar air kritis. Penentuan kadar air kritis pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan uji hedonik dan rating tekstur terhadap kerenyahan produk. Nilai kadar air kritis berdasarkan uji hedonik dan rating tekstur tidak berbeda yaitu sebesar 0.0990 g H₂O/g bk. Hasil perhitungan menunjukkan umur simpan produk *crackers* hasil penelitian jika disimpan pada suhu 30⁰C menggunakan kemasan *metallized plastic* pada RH 75% adalah 366 hari atau 12.2 bulan atau 1.0 tahun. Jika disimpan pada RH 85%, produk akan memiliki umur simpan 150 hari atau 1.0 bulan atau 0.4 tahun.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 28 April 1987. Penulis adalah anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Anwar R. P. Lubis dan Ibu Hamida P. Mamora. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar dan pendidikan menengah di SDK-SMPK Ora et Labora, dan pendidikan menengah atas di SMAN 8. Seluruh pendidikan diselesaikan di Jakarta. Selanjutnya pada tahun 2005, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sarjana pada Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor melalui Jalur Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru (SPMB).

Selama di perkuliahan penulis aktif sebagai anggota HIMITEPA periode 2006-2008, anggota *Food Processing Club* divisi Daging dan Olahan Ikan periode 2007, Koordinator *Food Processing Club* divisi Daging dan Olahan Ikan (2008), Unit Kegiatan Mahasiswa PMK (Persekutuan Mahasiswa Kristen) dalam Komisi Belayanan Khusus (Kopelkhu) sebagai Kepala bidang pelayanan Responsi periode 2007-2008, anggota Paduan Suara Fateta pada tahun 2007-2009, dan mengikuti PKM Kewirausahaan yang berjudul “*One Stop Seaweed*” pada tahun 2008. Selain itu, penulis juga aktif dalam mengikuti kegiatan non-akademis seperti seminar *National Student’s Paper Competition on Food Issue* (2007), seminar HACCP (2009), dan Seminar Mahasiswa Teknologi Pangan dan Ilmu Gizi Tingkat Nasional yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Peduli Pangan Indonesia (2009).

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, penulis melakukan penelitian yang mendapatkan dana bantuan dari BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) dengan tema “Pembuatan *Crackers* Jagung dan Pendugaan Umur Simpannya dengan Pendekatan Kadar Air Kritis” di bawah bimbingan Dr. Ir. Sugiyono, M.AppSc. dan Aton Yulianto, M.Eng pada tahun 2009.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih dan karunia-Nya sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis dapat menyelesaikan penelitian ini tentunya tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

Dr. Ir. Sugiyono, M.AppSc. selaku dosen pembimbing akademik dan sekaligus dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu dan memberikan dukungan, bimbingan, dorongan, dan saran selama penelitian dan penulisan skripsi ini.

Aton Yulianto, M.Eng (Kepala Program Bidang Teknologi Agroindustri Pangan dan Hortikultura BPPT) selaku pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu dan memberi arahan kepada penulis serta membantu dalam pendanaan penelitian ini.

Ir Elvira Syamsir, MSi selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan memberi masukan dalam penyelesaian penelitian ini.

Ayah dan Ibu penulis atas segala dukungan, perhatian, kesabaran, dan materi yang tak terhitung jumlahnya yang telah diberikan sejak kecil hingga menyelesaikan pendidikan Sarjana ini. Terima kasih atas doa dan kepercayaan yang selalu diberikan bagi penulis.

5. Astrida Renata dan Ruth Theodora selaku kakak dan adik penulis yang memberikan dorongan dan semangat selama penelitian ini.

6. Dina dan Fransisca sebagai teman satu seperjuangan dan sebimbingan. Terima kasih atas kerjasama, bantuan, dukungan, canda tawa, dan kebersamaan selama penelitian.

Keluarga Fransisca. Terima kasih atas bantuan yang diberikan selama penulis melakukan penelitian di laboratorium Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (Puspiptek) kawasan Serpong.

Rekan-rekan penelitian di Laboratorium ITP IPB: Tuti, Siyam, Tjan, Sina, Arya, Midun, Atus, Belinda, Leo Adi, Ola, Galih Eka, Santy, Galih Ika, Peye,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Yuni, Hesti, Wiwi, Haris, Marcel, Irene, Beqi, Fera, Dilla, Rika atas bantuan, kebersamaan, canda tawa, dan dukungan selama penelitian.

9. Keluarga besar Unit Kegiatan Mahasiswa PMK (Persekutuan Mahasiswa Kristen) IPB dan secara khusus teman-teman di Kopelkhu: Sarah, Dina, Tere, Dion, Twie, Efrat, Mei Yu, Vidya, Bang Ben, Bang Agus, Bang Maryo, Bang Pardi, Bang Tumpal, dan adek-adek di Kopelkhu yang tidak bisa disebutkan namanya satu per satu. Terima kasih atas segala dukungan, kebersamaan, kekeluargaan, doa, dan semangat yang diberikan kepada penulis selama ini.
10. Para laboran dan teknisi laboratorium staf ITP, Seafast Center, dan LJA yang telah mendukung kelancaran kegiatan penelitian hingga akhir: Bu Rub, Bu Antin, Pak Jun, Pak Wahid, Pak Gatot, Pak Rozak, Pak Yahya, Pak Sidik, Pak Adi, Pak Iyas, Pak Nur, Pak Deni, Mas Edi, Pak Sob, Mba Yane dan lainnya.
11. Seluruh teman-teman ITP (41, 43, 44), khususnya angkatan 42, yang saling menyemangati: Yusi, Olo, Harist, Riza, Adi Woko, Aji, Ari, Siska, Wita, Didot, Gia, Indri, Juanda, Kenchi, Tiyu, Rina, Siska, Susan, Veni, Kamlit, Icha, dan teman-teman ITP 42 lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Tidak terkecuali seluruh teman di organisasi, kost, dan juga di kegiatan lainnya.
12. Seluruh dosen dan staf pengajar di Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan IPB yang telah memberikan pengetahuan dan nasehat kepada penulis.
13. Seluruh pustakawan PITP, PAU, dan LSI yang telah membantu penulis dalam mencari sumber pustaka dalam menyusun penulisan skripsi ini.
14. Pihak lainnya yang masih banyak lagi. Penulis memohon maaf apabila tidak tercantum namanya, karena begitu banyak pihak yang turut terlibat dan mendukung penulis selama ini. Terima kasih untuk segalanya.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas budi baik Bapak/Ibu/Saudara/i semuanya, dan akhirnya semoga karya tulis ini dapat bermanfaat.

Bogor, April 2010

Penulis

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	2
C. MANFAAT	2
I. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. JAGUNG	3
1. Tanaman Jagung.....	3
2. Komposisi Jagung.....	4
B. TEPUNG JAGUNG	8
C. BERAS KETAN	11
1. Jenis Ketan.....	11
2. Sifat-sifat Ketan.....	12
3. Penggunaan Ketan.....	14
D. TEPUNG BERAS KETAN	15
E. PATI	18
1. Amilosa dan Amilopektin.....	18
2. Gelatinisasi dan Retrogradasi.....	20
F. BISKUIT DAN PENURUNAN MUTU BISKUIT	22
G. SNACK FOOD DAN RICE CRACKERS	27
1. <i>Snack Food</i>	27
2. <i>Rice Crackers</i>	28
a. Bahan-bahan pembuatan <i>rice crackers</i>	29
b. Proses pembuatan <i>rice crackers</i>	30
H. UMUR SIMPAN	31
II. METODOLOGI	35
A. BAHAN DAN ALAT	35
1. Bahan.....	35
2. Alat.....	35
B. METODE PENELITIAN	36
1. Tahap Penelitian Pendahuluan.....	36
a. Pembuatan Tepung Jagung.....	36
b. Karakterisasi Tepung Jagung.....	36
2. Tahap Penelitian Utama.....	38



a. Pembuatan <i>Crackers</i>	38
b. Pendugaan Umur Simpan dengan Pendekatan Kadar Air Kritis.....	41
C. METODE ANALISIS	42
1. Analisis Fisik	42
a. Rendemen Tepung Jagung	42
b. Warna	42
c. Sifat Amilografi Tepung Jagung	43
d. Densitas Kamba Tepung Jagung	44
e. Rasio Pengembangan <i>Crackers</i>	44
f. Kerenyahan dan Kekerasan <i>Crackers</i>	44
g. Aktivitas Air (a_w).....	46
2. Analisis Kimia	46
a. Kadar Air	46
b. Kadar Abu	47
c. Kadar Protein.....	47
d. Kadar Lemak	48
e. Kadar Karbohidrat	49
f. Kadar Serat Kasar.....	49
g. Kadar Pati	50
h. Kadar Amilosa.....	52
i. Analisis Nilai Energi	53
3. Analisis Umur Simpan	54
a. Atribut Utama dan Kerusakan Produk	54
b. Kurva Sorpsi Isotermis	54
c. Kadar Air Kritis.....	55
d. Model Persamaan Sorpsi Isotermis dan Uji Ketepatan Model.....	56
e. Umur Simpan.....	59
4. Uji Organoleptik.....	60
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	61
A. PENELITIAN PENDAHULUAN	61
1. Pembuatan Tepung Jagung.....	61
2. Karakteristik Fisik Tepung Jagung.....	66
a. Rendemen Tepung Jagung	66
b. Warna Tepung Jagung.....	66
c. Sifat Amilografi Tepung Jagung	68
1) Suhu awal gelatinisasi	69
2) Suhu puncak gelatinisasi.....	69
3) Viskositas maksimum	69
4) Viskositas setelah holding suhu 95 ⁰ C	70
5) <i>Breakdown viscosity</i>	70
6) <i>Setback viscosity</i>	71
d. Densitas Kamba Tepung Jagung	72
3. Karakteristik Kimia Tepung Jagung.....	72
a. Kadar Air	73
b. Kadar Abu	73
c. Kadar Protein.....	74
d. Kadar Lemak	74

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

e. Kadar Karbohidrat	75
f. Kadar Serat Kasar	76
g. Kadar Pati	76
h. Kadar Amilosa	77
i. Kadar Amilopektin	77
B. PENELITIAN UTAMA	78
1. Pembuatan <i>Crackers</i>	78
a. Proses Pengolahan	78
b. Proses Pembuatan <i>Crackers</i>	82
c. Pemilihan Produk Terbaik	85
d. Analisis Produk <i>Crackers</i> Terbaik	93
1) Tekstur	93
2) Rasio pengembangan produk	95
3) Warna	95
4) Aktivitas air (a_w)	96
5) Analisis kimia produk	97
2. Umur Simpan Produk	101
a. Atribut Utama dan Kerusakan Produk <i>Crackers</i>	101
b. Kadar Air Kesetimbangan dan Kurva Sorpsi Isotermis	102
c. Kadar Air Kritis	104
d. Model Sorpsi Isotermis	108
e. Pendugaan Umur Simpan <i>Crackers</i>	113
KESIMPULAN DAN SARAN	116
A. KESIMPULAN	116
B. SARAN	117
DAFTAR PUSTAKA	118
LAMPIRAN	127



DAFTAR TABEL

Tabel 1	Komposisi kimia rata-rata biji jagung dan bagian-bagiannya	5
Tabel 2	Komposisi kimia biji jagung	8
Tabel 3	Komposisi kimia tepung jagung	10
Tabel 4	Syarat mutu tepung jagung	10
Tabel 5	Perbandingan sifat-sifat fisik ketan dan beras	13
Tabel 6	Komposisi zat kimia butir beras dan beras ketan	14
Tabel 7	Komposisi kimia tepung ketan <i>Rose Brand</i> dan tepung ketan giling ..	16
Tabel 8	Syarat mutu tepung ketan	17
Tabel 9	Sifat dan suhu gelatinisasi beberapa jenis pati.....	21
Tabel 10	Pembagian jenis adonan biskuit.....	23
Tabel 11	Klasifikasi biskuit	23
Tabel 12	Perbandingan kandungan lemak serta gula terhadap 100 bagian tepung dari biskuit.....	24
Tabel 13	Syarat mutu biskuit (SNI 01-2973-1992)	25
Tabel 14	Berbagai penyimpangan produk akhir pembuatan biskuit dan penyebabnya	25
Tabel 15	Formulasi tepung untuk <i>crackers</i>	38
Tabel 16	Formula dasar pembuatan opak berdasarkan Putra (2005) dan formula yang dimodifikasi	39
Tabel 17	Spesifikasi <i>probe</i> dan <i>setting</i> untuk produk <i>crackers</i>	45
Tabel 18	Penentuan glukosa, fruktosa, dan gula invert dalam suatu bahan pangan dengan metode <i>Luff Schoorl</i>	52
Tabel 19	Daftar garam dan air untuk preparasi larutan garam jenuh.....	54
Tabel 20	Hasil pemipilan jagung tongkol	62
Tabel 21	Hasil proses pembuatan tepung jagung	65
Tabel 22	Hasil pengukuran warna tepung jagung.....	67
Tabel 23	Sifat amilografi tepung jagung.....	68
Tabel 24	Komposisi kimia tepung jagung	72
Tabel 25	Hasil <i>trial and error</i> penentuan suhu dan waktu pemanggangan oven.....	80
Tabel 26	Hasil pengukuran kerenyahan (gf), kekerasan (gf), dan jarak (mm) pada enam formula <i>crackers</i>	89
Tabel 27	Hasil pengukuran kerenyahan <i>crackers</i> jagung dan <i>rice crackers</i> komersial.....	93
Tabel 28	Hasil pengukuran kekerasan <i>crackers</i> jagung dan <i>rice crackers</i> komersial	94
Tabel 29	Hasil analisis kimia produk <i>crackers</i> terpilih.....	97
Tabel 30	Kadar air kesetimbangan (Me) <i>crackers</i> dan waktu pencapaiannya di beberapa RH penyimpanan	103
Tabel 31	Persamaan kurva sorpsi isotermis <i>crackers</i>	109
Tabel 32	Penentuan kadar air kesetimbangan (Me) berdasarkan model sorpsi isotermis	109
Tabel 33	Hasil perhitungan nilai MRD model-model persamaan	112
Tabel 34	Perhitungan umur simpan <i>crackers</i> dengan uji hedonik dan rating tekstur pada beberapa RH dan suhu penyimpanan 30 ⁰ C	115

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Tanaman jagung	3
Gambar 2	Tongkol jagung	3
Gambar 3	Anatomi biji jagung.....	5
Gambar 4	Diagram alir proses pembuatan tepung jagung	37
Gambar 5	Diagram alir proses pembuatan <i>crackers</i>	40
Gambar 6	<i>Texture analyzer</i> dan <i>spherical probe</i>	45
Gambar 7	Profil kerenyahan dan kekerasan <i>texture analyzer</i>	46
Gambar 8	Desikator berisi berbagai larutan garam jenuh untuk kadar air kesetimbangan	55
Gambar 9	Jagung sosoh	61
Gambar 10	Tepung jagung dan dalam kemasan PP	65
Gambar 11	Model warna sistem Hunter	67
Gambar 12	Profil gelatinisasi tepung jagung	68
Gambar 13	Proses pengukusan adonan <i>crackers</i>	79
Gambar 14	Proses pemanggangan <i>crackers</i>	81
Gambar 15	Proses pemipihan adonan dan adonan yang telah dicetak	84
Gambar 16	Produk <i>crackers</i>	85
Gambar 17	Atribut mutu yang mempengaruhi penerimaan <i>crackers</i>	87
Gambar 18	Nilai rata-rata kesukaan terhadap tekstur (kenenyahan).....	88
Gambar 19	Nilai rata-rata kesukaan secara <i>overall</i>	91
Gambar 20	Hasil uji rating hedonik sampel A dan B	92
Gambar 21	<i>Crackers</i> 100% tepung ketan dan <i>crackers</i> tepung jagung: tepung ketan 60 : 40	92
Gambar 22	Atribut <i>crackers</i> berdasarkan hasil kuisioner	102
Gambar 23	Parameter kritis kerusakan produk <i>crackers</i>	102
Gambar 24	Kurva sorpsi isotermis produk <i>crackers</i>	104
Gambar 25	Hubungan lama penyimpanan <i>crackers</i> dengan skor kesukaan.....	105
Gambar 26	Penentuan kadar air kritis <i>crackers</i> uji rating hedonik	106
Gambar 27	Hubungan lama penyimpanan <i>crackers</i> dengan skor rating tekstur.....	107
Gambar 28	Penentuan kadar air kritis <i>crackers</i> uji rating tekstur	107
Gambar 29	Perbandingan kurva sorpsi isotermis <i>crackers</i> hasil percobaan dengan model Hasley.....	110
Gambar 30	Perbandingan kurva sorpsi isotermis <i>crackers</i> hasil percobaan dengan model Chen Clayton.....	110
Gambar 31	Perbandingan kurva sorpsi isotermis <i>crackers</i> hasil percobaan dengan model Henderson.....	110
Gambar 32	Perbandingan kurva sorpsi isotermis <i>crackers</i> hasil percobaan dengan model Caurie.	111
Gambar 33	Perbandingan kurva sorpsi isotermis <i>crackers</i> hasil percobaan dengan model Oswin.....	111
Gambar 34	Penentuan kemiringan (slope) kurva sorpsi isotermis model Hasley	113

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Form kuisisioner atribut utama dan kerusakan <i>crackers</i>	128
Lampiran 2	Form organoleptik uji umur simpan.....	129
Lampiran 3	Form organoleptik rating hedonik formula.....	130
Lampiran 4	Neraca massa pembuatan tepung jagung.....	131
Lampiran 5	Analisis kimia tepung jagung.....	132
Lampiran 6	Hasil pengamatan dalam proses penentuan suhu dan waktu optimum pada pemanggangan oven.....	134
Lampiran 7	Contoh kuisisioner atribut mutu dan data hasil kuisisioner	135
Lampiran 8	Data hasil penilaian organoleptik atribut tekstur (kerenyahan) .	136
Lampiran 9	Data hasil penilaian organoleptik atribut keseluruhan (<i>overall</i>).....	137
Lampiran 10	Hasil uji ANOVA penilaian organoleptik atribut tekstur (kerenyahan).....	138
Lampiran 11	Hasil uji ANOVA penilaian obyektif kerenyahan formula	139
Lampiran 12	Hasil uji ANOVA penilaian obyektif kekerasan formula	140
Lampiran 13	Hasil uji ANOVA penilaian organoleptik atribut keseluruhan (<i>overall</i>).....	141
Lampiran 14	Hasil uji T sampel A dan sampel B	142
Lampiran 15	Rekapitulasi penentuan atribut utama <i>crackers</i>	143
Lampiran 16	Penentuan kadar air kritis dengan uji hedonik	146
Lampiran 17	Data hasil uji organoleptik <i>crackers</i> selama penyimpanan	147
Lampiran 18	Penentuan kadar air kritis dengan uji rating tekstur	149
Lampiran 19	Hasil data beda dari kontrol selama penyimpanan	150
Lampiran 20	Penentuan konstanta dan MRD model-model sorpsi isotermis.	151

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Terigu merupakan hasil pengolahan biji gandum yang dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai produk pangan yaitu *cookies*, roti, mi, dan *crackers*. Konsumsi tepung terigu terus meningkat cukup signifikan setiap tahunnya padahal kebutuhan terigu di Indonesia diperoleh dengan cara mengimpor gandum dalam jumlah besar. Menurut catatan Asosiasi Produsen Tepung Terigu Indonesia (Aptindo), total kebutuhan terigu setara dengan sekitar 4.5 hingga 5 juta ton biji gandum yang seluruhnya masih diimpor (Andrian 2009). Berdasarkan pada data Badan Pusat Statistik (BPS), konsumsi terigu di Indonesia pada 2003 mencapai 19.8 gram per kapita per hari dan meningkat pada 2006 yang mencapai 22.6 gram per kapita per hari serta mencapai 38 gram per kapita per hari pada 2008 (Andrian 2009). Diperkirakan kebutuhan terigu rata-rata tumbuh minimal 5 persen per tahun (Andrian 2009). Oleh karena itu, perlu adanya perhatian yang lebih terhadap pemanfaatan komoditi dalam negeri (komoditi lokal) untuk digunakan sebagai bahan pangan.

Jagung merupakan salah satu sumber karbohidrat yang sudah tidak asing lagi bagi masyarakat Indonesia. Sejak dulu jagung merupakan sumber bahan pangan kedua setelah beras atau padi, dan di daerah tertentu jagung merupakan makanan pokok bagi masyarakat setempat. Beberapa daerah penghasil jagung seperti Gorontalo dan NTB bahkan sudah mengekspor komoditas ini ke negara tetangga seperti Malaysia dan Filipina. Menurut Dirjen Tanaman Pangan Deptan Sutarto Alimoeso, produksi jagung nasional sebanyak 15.86 juta ton sedangkan kebutuhan dalam negeri hanya 13 juta ton sehingga seharusnya pada tahun 2009 dapat tercapai swasembada dari komoditas pangan ini (Anonim^a 2008).

Jagung merupakan salah satu komoditas subsektor tanaman pangan. Komoditas ini mempunyai prospek yang cukup baik sebagai bahan pangan maupun bahan baku industri. Seiring dengan perkembangan industri pakan, industri makanan olahan (*snack food*), dan produk industri turunan berbasis

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



jagung (*integrated corn industry*), jagung tidak hanya menjadi sumber karbohidrat kedua setelah beras, tetapi juga berperan dalam penyerapan tenaga kerja di sektor pertanian, penyedia bahan baku industri, penarik bagi pertumbuhan industri hulu, dan pendorong pertumbuhan untuk industri hilir.

Industri pakan merupakan konsumen terbesar jagung di Indonesia (85.84%) dibandingkan dengan industri *snack food* (6.44%) dan *integrated corn industry* (7.73%). Kebutuhan jagung sebagai pakan ternak pada tahun 2007 mencapai kurang lebih 6.5 juta ton, dimana sebanyak empat juta ton digunakan sebagai bahan baku pakan dan sisanya digunakan langsung oleh peternak (Departemen Perindustrian 2007). Hal ini menandakan masih perlu adanya pemanfaatan jagung ke arah industri pangan. Pemanfaatan jagung dalam industri pangan lebih banyak menggunakan pati jagung ataupun grits jagung. Penggunaan dalam bentuk tepung jagung relatif belum berkembang secara signifikan. Oleh karena itu, merupakan tantangan yang cukup menarik untuk dieksplorasi lebih lanjut prospek pemanfaatan tepung jagung di sektor industri pangan sehingga dapat meningkatkan nilai tambahnya.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong pesatnya pengembangan produk-produk pangan yang ada di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mendorong adanya diversifikasi produk *crackers* yang umumnya dikenal masyarakat berasal dari tepung terigu. Pembuatan *crackers* dengan memanfaatkan tepung jagung diharapkan dapat menjadi pengembangan produk baru (*crackers* jagung) yang berbasis komoditi lokal.

TUJUAN

Penelitian ini bertujuan membuat produk *crackers* berbahan dasar tepung jagung dan menduga umur simpannya dengan pendekatan kadar air kritis.

MANFAAT

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat dikembangkan penggunaan tepung jagung dan ditingkatkan nilai tambahnya sebagai bahan pangan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. JAGUNG

1. Tanaman Jagung

Dalam sistematika tanaman, jagung termasuk golongan *Spermatophyta*, kelas *Monocotyledone*, ordo *Graminae*, dan familia *Graminaceae* serta genus *Zea*. Adapun nama latin tanaman jagung sendiri adalah *Zea mays* L. Jagung merupakan tanaman berumah satu dan termasuk ordo rumput-rumputan. Tanaman jagung termasuk jenis tumbuhan semusim. Jagung adalah tanaman yang berasal dari daratan Amerika Serikat kemudian menyebar ke daerah subtropik termasuk Indonesia.

Tanaman jagung berakar serabut, menyebar ke samping dan ke bawah sepanjang 25 cm. Batang tanaman jagung beruas-ruas dengan jumlah ruas bervariasi antara 10-40 ruas. Tanaman jagung umumnya tidak bercabang kecuali pada jagung manis sering tumbuh bervariasi. Tongkol jagung merupakan gudang penyimpanan cadangan makanan. Tongkol ini bukan hanya tempat menyimpan pati, protein, minyak atau lemak dan hasil-hasil lain untuk persediaan makanan dan pertumbuhan biji. Panjang tongkol jagung bervariasi antara 8-42 cm dan biasanya dalam satu tongkol mengandung sekitar 300-1000 biji jagung. Biji jagung berbentuk bulat-bulat atau gigi kuda tergantung varietasnya. Warna biji jagung juga bervariasi dari putih sampai kuning (Effendi dan Sulistiati 1991). Gambar tanaman jagung dan tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1 Tanaman jagung (Anonim^b 2009).



Gambar 2 Tongkol jagung (Anonim^c 2009).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2. Komposisi Jagung

Jagung lengkap terdiri atas kelobot, tongkol jagung, biji jagung, dan rambut. Kelobot merupakan kelopak atau daun buah yang berguna sebagai pembungkus dan pelindung biji jagung. Jumlah kelobot dalam satu tongkol jagung pada umumnya 12-15 lembar. Semakin tua umur jagung, semakin kering kelobotnya (Effendi dan Sulistiati 1991). Biji jagung melekat pada tongkol jagung dan berbentuk bulat. Susunan biji jagung pada tongkol jagung berbentuk spiral. Biji jagung selalu terdapat berpasangan, sehingga jumlah baris atau deret biji selalu genap. Warna biji jagung bervariasi dari putih, kuning, merah, dan ungu sampai hampir hitam. Rambut merupakan tangkai putik yang sangat panjang yang keluar ke ujung kelobot melalui sela-sela biji. Rambut mempunyai cabang-cabang yang halus sehingga dapat menangkap tepung sari pada saat pembuahan.

Jagung terdiri atas empat bagian pokok, yaitu kulit luar (perikarp) (5%), endosperma (82%), lembaga (12%), dan tudung pangkal biji (*tip cap*) (1%). Kulit (perikarp) merupakan lapisan pembungkus biji yang disusun oleh *epikarp* (lapisan paling luar), *mesokarp*, dan tegmen (*seed coat*). Bagian terbesar dari biji jagung yaitu endosperma. Lapisan pertama dari endosperma yaitu lapisan aleuron yang merupakan pembatas antara endosperma dengan kulit. Lapisan aleuron merupakan lapisan yang menyelubungi endosperma dan lembaga. Lapisan aleuron terdiri atas 1 sampai 7 sel, sedangkan pada jagung hanya terdiri atas satu lapis sel. Endosperm jagung terdiri atas dua bagian, yaitu endosperm keras (*horny endosperm*) dan endosperm lunak (*floury endosperm*). Bagian keras tersusun dari sel-sel yang lebih kecil dan tersusun rapat, demikian juga susunan granula pati yang ada di dalamnya. Bagian endosperm lunak mengandung pati yang lebih banyak dan susunan pati tersebut tidak serapat pada bagian yang keras (Muchtadi dan Sugiyono 1992).

Lembaga terletak pada bagian dasar sebelah bawah dan berhubungan erat dengan endosperma. Lembaga tersusun atas dua bagian, yaitu skutelum dan poros embrio. Skutelum berfungsi sebagai tempat

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

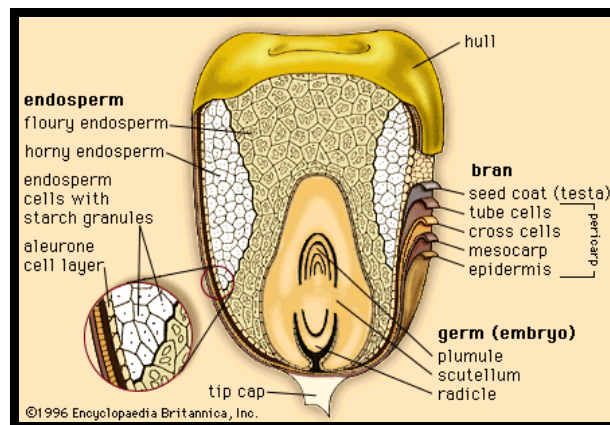
penyimpanan zat-zat gizi selama perkecambahan biji. Tudung pangkal biji (*tip cap*) merupakan bekas tempat melekatnya biji jagung pada tongkol jagung tudung pangkal biji dapat tetap ada atau terlepas dari biji selama proses pemipilan biji. Setiap bagian anatomi tersebut memiliki komposisi yang berbeda-beda. Komposisi kimia rata-rata biji jagung dan bagiannya dapat dilihat pada Tabel 1. Anatomi biji jagung disajikan pada Gambar 3.

Tabel 1 Komposisi kimia rata-rata biji jagung dan bagian-bagiannya

Komponen	Jumlah (%)					
	Pati	Protein	Lipid	Gula	Abu	Serat
Biji utuh	73.4	9.1	4.4	1.9	1.4	9.5
Endosperma	87.6	8.0	0.8	0.62	0.3	1.5
Lembaga	8.3	18.4	33.2	10.8	10.5	14.0
Perikarp	7.3	3.7	1.0	0.34	0.8	90.7
<i>Tip cap</i>	6.3	9.1	3.8	1.6	1.6	95.0

Sumber: Watson (2003)

Jagung mengandung lemak dan protein yang jumlahnya tergantung umur dan varietas jagung tersebut. Pada jagung muda, kandungan lemak dan proteinnya lebih rendah bila dibandingkan dengan jagung yang tua. Selain itu, jagung juga mengandung karbohidrat yang terdiri atas pati, serat kasar, dan pentosan.



Gambar 3 Anatomi biji jagung (Anonim^d 1996).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Komponen utama yang terdapat pada jagung adalah pati (72-73%). Pati sebagian besar terdapat pada bagian endosperm yaitu 98%. Endosperm juga mengandung 74% protein jagung. Lembaga merupakan tempat terdapatnya sebagian besar lipid jagung (83% total lipid). Lipid jagung terutama dalam bentuk trigliserida. Sebanyak 70% gula terdapat pada lembaga. Lembaga juga menyimpan 26% protein. Protein pada lembaga terutama albumin dan globulin (Haryadi *et al.* 1991).

Sebagian besar mineral jagung terdapat pada lembaga (78%), mungkin karena diperlukan untuk pertumbuhan embrio. Komponen inorganiknya terutama berupa senyawa fosfor. Sebagian besar dalam bentuk garam potassium magnesium dari asam fitat. Fitin merupakan bentuk penting senyawa fosfor, yang dibebaskan oleh enzim fitase untuk merangsang pertumbuhan embrio. Mineral keempat (setelah P, K, dan Mg) adalah sulfur (S) yang terdapat dalam bentuk asam amino metionin dan sistin. Jagung merupakan sumber selenium yang penting pada random ternak (Haryadi *et al.* 1991).

Jagung mengandung dua jenis vitamin larut lemak, yaitu vitamin A (beta karoten) dan vitamin E serta sebagian besar vitamin larut air. Jagung mengandung vitamin B1 (thiamin) dan piridoksin dalam jumlah yang cukup untuk ternak. Niasin dalam jagung berada dalam bentuk terikat. Perlakuan dengan alkali dapat membebaskan niasin (Haryadi *et al.* 1991).

Karbohidrat pada jagung dapat dibedakan menjadi tiga golongan, yaitu karbohidrat sederhana, karbohidrat struktural, dan karbohidrat kompleks sumber energi. Karbohidrat sederhana pada jagung sekitar 2% berat kering biji dan terdiri atas glukosa, fruktosa, sukrosa, maltosa, dan raffinosa. Karbohidrat kompleks struktural meliputi komponen pektin, hemiselulosa, dan selulosa (terdapat pada perikarp, ujung, dan aleuron). Karbohidrat struktural ini dapat berfungsi sebagai serat makanan (Haryadi *et al.* 1991).

Karbohidrat kompleks sumber energi terutama berbentuk pati. Granula pati tersusun dari dua jenis polimer gula, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa sebanyak 25-30% berat pati, sedangkan amilopektin



70-75% berat pati. Amilosa jagung mempunyai derajat polimerisasi 100-1000 unit glukosa. Rantai lurus amilopektin terdiri atas 12-20 unit glukosa dan 40-60 unit glukosa (Haryadi *et al.* 1991).

Protein jagung dapat dibedakan menjadi lima jenis, yaitu albumin (larut air), globulin (larut garam), zein atau prolamin (larut alkohol), glutelin (tidak larut air, garam atau alkohol tetapi dapat diekstrak dengan alkali). Sebagian besar protein jagung terdapat pada endosperm dan protein yang terbanyak adalah zein. Protein zein kekurangan asam amino triptofan, lisin, dan kadar treonin, valin serta asam amino sulfur rendah. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kualitas/nilai gizi protein zein rendah. Meskipun kadar leusinya cukup tinggi, tetapi kemungkinan bersifat antagonis dengan pemanfaatan isoleusin (Haryadi *et al.* 1991).

Albumin, globulin, dan glutelin jagung mempunyai komposisi asam amino yang cukup baik (kadar lisinnya tinggi). Komposisi asam amino globulin, albumin, dan glutelin banyak terdapat pada endosperm. Globulin mempunyai kadar arginin tinggi. Protein lembaga mempunyai nilai gizi lebih tinggi dibandingkan dengan protein endosperm karena mempunyai komposisi asam amino esensial yang lebih baik/seimbang (Haryadi *et al.* 1991).

Lipid jagung seperti sereal lain, banyak tersimpan pada lembaga. Dari jumlah total asam lemak penyusunnya, asam lemak jenuhnya hanya terdiri atas asam palmitat (C16:0) sebesar 11% dan asam stearat (C18:1) sebanyak 2%. Untuk asam lemak tak jenuhnya, minyak jagung terdiri atas asam oleat (C18:1 = 28%), asam linoleat (C18:2 = 58%), dan asam linolenat (C18:3 = 1%). Pada minyak jagung kasar (sebelum diproses lanjut), terdapat asam-asam lemak bebas, fosfolipid, dan *wax* (Johnson 1991). Kadar lipid/minyak seratnya komposisi asam lemaknya dipengaruhi oleh faktor agronomi maupun genetik. Meskipun tinggi kadar asam lemak tidak jenuhnya (PUFA), minyak jagung relatif stabil terhadap oksidasi karena mengandung antioksidan alami yang cukup tinggi serta mengandung sangat sedikit (kurang dari 1%) asam linolenat (18:3). Komposisi kimia biji jagung secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 2 Komposisi kimia biji jagung

Komponen	Kisaran	Rata-rata
Kadar air (% bb)	7 – 23	16.0
Pati (% bk)	61 – 78	71.7
Protein (% bk)	6 – 12	9.5
Lemak (% bk)	3.1 – 5.7	4.3
Abu (% bk)	1.1 – 3.9	1.4
Pentosan (% bk)	5.8 – 6.6	6.2
Serat (NDF, % bk)	8.3 – 11.9	9.5
Selulosa + lignin (ADF, % bk)	3.3 – 4.3	3.3
Gula total sebagai glukosa (% bk)	1.0 – 3.0	2.6
Karotenoid total (mg/kg)	5 – 40	30.0

Sumber: Haryadi *et al.* (1991)

TEPUNG JAGUNG

Tepung adalah bentuk hasil pengolahan bahan dengan cara penggilingan atau penepungan. Pada proses penggilingan, ukuran bahan diperkecil dengan cara diremuk yaitu bahan ditekan dengan gaya mekanis dari alat penggilingan. Mekanisme pada proses penggilingan diikuti dengan peremukan bahan dan energi yang dikeluarkan sangat dipengaruhi oleh kekerasan bahan dan kecenderungan bahan untuk dihancurkan (Riyani 2007).

Jagung yang digunakan dalam pembuatan tepung umumnya merupakan tipe warna putih, sedangkan yang berwarna kuning digunakan sebagai pakan. Jenis biji jagung tergantung pada komposisi bagian endospermnya. Jagung dengan tipe jagung tepung (*floury corn*) sebagian besar terdiri atas bagian lunak dan digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan tepung (Maulana 2003).

Menurut SNI 01-3727-1995, tepung jagung adalah tepung yang diperoleh dengan cara menggiling biji jagung yang bersih dan baik. Penggilingan biji jagung ke dalam bentuk tepung merupakan suatu proses memisahkan kulit, endosperma, lembaga, dan tudung pangkal biji. Endosperma merupakan bagian biji jagung yang digiling menjadi tepung dan memiliki kadar karbohidrat yang tinggi. Kulit memiliki kandungan serat yang tinggi sehingga kulit harus dipisahkan dari endosperma karena dapat membuat tepung bertekstur kasar, sedangkan lembaga merupakan bagian biji



jagung yang paling tinggi kandungan lemaknya sehingga harus dipisahkan karena lemak yang terkandung di dalam lembaga dapat membuat tepung tengik. Tudung pangkal biji merupakan bagian yang harus dipisahkan karena dapat membuat tepung menjadi kasar. Apabila pemisahan tudung pangkal biji tidak sempurna maka akan terdapat butir-butir hitam pada tepung (Riyani 2007).

Dalam usaha mereduksi ukuran jagung telah dikenal dua jenis teknik penggilingan, yaitu penggilingan kering (*dry milling*) dan pemasakan dengan alkali (*alkali cooked miling*). Selain itu, pembuatan tepung jagung juga dapat dilakukan dengan penggilingan basah (Ekafitri 2009). Pada proses penggilingan cara kering, jagung tidak mengalami perendaman yang lama. Pembasahan hanya dilakukan untuk mengkondisikan agar endosperma jagung melunak sebelum digiling pada *hammer mill* (Riyani 2007).

Pada proses penggilingan kering dihasilkan *grits*, *meal*, *flour*, dan *germ*. *Grits* biasanya mengandung kurang dari 1% lemak, 1-1,5% *fine meal*, dan 2% *flour*. *Germ* biasanya digunakan untuk pakan ternak dan hanya sebagian kecil yang digunakan untuk makanan. *Grits* digunakan untuk membuat makanan sereal atau untuk makanan ringan yang dibuat dengan metode ekstrusi (Johnson 1991).

Pengolahan biji jagung dengan alkali adalah proses pembuatan tepung jagung dengan penambahan Ca(OH)_2 sebanyak 1% kemudian direbus dan dikeringkan baru kemudian digiling untuk mendapatkan tepung jagung. Tujuan dari penambahan Ca(OH)_2 adalah untuk meningkatkan kandungan kalsium pada tepung jagung. Pengolahan dengan alkali ini biasanya digunakan pada industri pangan (Johnson 1991).

Pada penggilingan basah, dilakukan penambahan air secara kontinyu saat penggilingan. Proses penggilingan basah ini lebih aplikatif di masyarakat. Namun, menurut Suprpto (1998), proses penggilingan kering lebih sering digunakan dalam pembuatan tepung skala besar. Proses penggilingan basah yang dilakukan Soraya (2006) meliputi perendaman biji jagung selama 6 jam, penggilingan dengan air yang dialirkan secara kontinyu, penyaringan, pengendapan selama 2 jam, dekantasi, sentrifugasi dengan kecepatan 2000

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

rpm selama 5 menit, dan pengeringan pada suhu 45°C selama 15 jam. Komposisi kimia dari tepung jagung dan syarat mutu tepung jagung berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Komposisi kimia tepung jagung

Komponen	Jumlah
Kalori (Kal)	355.0
Protein (g)	9.2
Lemak (g)	3.9
Karbohidrat (g)	73.7
Kadar air (g)	12.0

Sumber: Daftar Komposisi Bahan Makanan (2005)

Tabel 4 Syarat mutu tepung jagung (SNI 01-3727-1995)

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Bau	–	Normal
Rasa	–	Normal
Warna	–	Normal
Benda-benda asing	–	Tidak boleh ada
Serangga dalam bentuk stadia dan potongan-potongan	–	Tidak boleh ada
Jenis pati lain selain pati jagung	–	Tidak boleh ada
Kehalusan	%	Min. 70
Lolos ayakan 80 mesh	%	Min. 99
Lolos ayakan 60 mesh	% b/b	Maks. 10
Air	% b/b	Maks. 1.5
Abu	% b/b	Maks. 0.1
Silikat	% b/b	Maks. 1.5
Serat kasar	ml N NaOH/100 g	Maks. 4.0
Derajat asam		
Cemaran logam:	mg/kg	Maks. 1.0
Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 10.0
Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 40.0
Seng (Zn)	mg/kg	Maks. 0.05
Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0.5
Cemaran arsen (As)		
Cemaran mikroba:	koloni/g	Maks. 5 x 10 ⁶
Angka lempeng total	APM/g	Maks. 10
<i>E. coli</i>	koloni/g	Maks. 10 ⁴
Kapang		

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (1995)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

C. BERAS KETAN (*Oryza sativa glutinosa*)

Ketan merupakan tanaman padi yang termasuk famili *Graminae*. Beras ketan dapat dibedakan dari beras padi baik fisik maupun secara kimia. Secara fisik, beras ketan berwarna keruh dan lunak, sedangkan butir beras padi lebih terang dan keras. Secara kimia, kandungan amilopektin beras ketan lebih tinggi dibandingkan dengan padi. Menurut Grist (1975), ada beberapa perbedaan antara beras dan ketan dalam penampakannya. Beras mempunyai tekstur yang keras dan transparan, sedangkan pada ketan lebih rapuh, butirnya besar-besar, dan warnanya putih opak.

1. Jenis Ketan

Ketan (*Oryza sativa glutinosa*) merupakan salah satu varietas padi yang mempunyai sifat-sifat berbeda dengan beras biasa. Seperti yang diungkapkan Grist (1975) bahwa ketan praktis tidak dikenal di dunia perdagangan, meskipun banyak tumbuh di Asia. Ketan ini biasanya tumbuh pada lahan-lahan kecil dan biasanya untuk konsumsi lokal. Sekitar 10% dari produksi beras di Cina dan Jepang adalah ketan. Selain itu, ketan dapat pula ditemukan di India, Burma, Jawa, Thailand, Philipina, dan hampir di seluruh negara di Asia, sedangkan di Amerika, ketan mirip dengan beras "mochi gomi" yang diproduksi dalam skala kecil sehingga ketan disebut pula "beras manis".

Berdasarkan pada pengamatan yang dilakukan di pasar-pasar tradisional di Bogor, jenis ketan yang dijual di pasaran meliputi ketan putih dan ketan hitam. Untuk ketan putih dikenal dengan varietas-varietas lokal di antaranya ketan Bandung dan ketan Cianjur. Sementara untuk ketan hitam dikenal dengan varietas lokal di antaranya ketan Garut dan ketan Solo. Penamaan tersebut didasarkan atas geografi (daerah penghasil terbanyak). Sementara itu, jenis ketan berdasarkan deskripsi varietas padi yang dikeluarkan Departemen Pertanian ialah ketan Lusi, IR 65, dan Ayung (Kadirantau 2000).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2. Sifat-sifat Ketan

Komposisi dan sifat ketan serta fraksi-fraksinya ternyata sangat tergantung dari varietas dan kondisi lingkungannya. Perbedaan teknis analisis dan keragaman fraksi giling menyebabkan perbedaan hasil analisis. Seperti halnya beras, ketan merupakan hasil proses pasca panen dari tanaman padi, yaitu setelah tangkai dan kulit bijinya dilepaskan dengan cara digiling atau ditumbuk. Pada pasca panen padi akan diperoleh biji padi atau gabah yang tersusun atas dua komponen utama, yaitu karyopsis padi (bagian yang dapat dimakan) dan struktur pembungkus kulit (sekam) (Kadirantau 2000).

Bagian terluar karyopsis terdiri atas lapisan tipis yang disebut dengan lapisan perak (*silverlies*) atau *pericarpus*. Selaput aleuron adalah sel yang tipis sekali dan terdapat di bawah selaput perak tersebut. Sel ini merupakan kulit dari endosperm yang terdapat di bawah dan dilingkari oleh sel aleuron. Biji ketan pada garis besarnya mirip dengan beras biasa (Kadirantau 2000).

Sifat fisik butir beras antara lain adalah suhu gelatinisasi, konsistensi gel, penyerapan air, kepulenan, kelengketan, kelunakan, dan kilap nasi. Sementara menurut Juliano (1972), sifat fisik antara beras dan ketan dapat dilihat pada Tabel 5, di antaranya suhu gelatinisasi, ukuran granula, densitas, dan viskositas gel.

Juliano (1972) mengungkapkan bahwa suhu gelatinisasi ketan berkisar antara 58-78.5⁰C. Suhu ini tidak berbeda jauh dengan suhu gelatinisasi beras biasa yaitu 58-79⁰C. Konsistensi gel sebagai ukuran kecepatan relatif dari retrogradasi pada gel pati ketan mempunyai korelasi dengan suhu gelatinisasi, tetapi pada beras tidak menunjukkan adanya korelasi. Sifat konsistensi dan viskositas gel pati beras lebih besar dipengaruhi oleh adanya amilopektin dibandingkan dengan kandungan amilosa (Juliano 1972). Ketan yang kandungan patinya hampir semuanya terdiri atas amilopektin mempunyai sifat lengket, tidak mengembang dalam pemasakan, dan tidak banyak menyerap air serta tetap lunak setelah dingin (Kadirantau 2000).

Tabel 5 Perbandingan sifat-sifat fisik ketan dan beras

Sifat Fisik	Ketan	Beras
Suhu gelatinisasi ($^{\circ}\text{C}$)	58 – 78.5	58 – 79
Ukuran granula (nm)	1.9 – 8.1	1.6 – 8.7
Densitas (dengan xilen)	1.48 – 1.50	1.49 – 1.51
Viskositas gel (cps)	64 – 1890	140 – 2200

Sumber: Juliano (1972)

Ketan sebagai bahan pangan disusun oleh pati, protein, dan unsur lain seperti lemak, serat kasar, mineral, vitamin, dan air. Lapisan terluar beras kaya akan komponen non pati seperti protein, lemak, serat, abu, pentos, dan lignin serta bagian endosperm yang kaya akan pati. Pati merupakan karbohidrat utama dalam beras dan ketan. Protein sebagai penyusun terbesar kedua setelah pati mempunyai ukuran granula 0.5–5.0 μm terdiri atas 5% fraksi albumin (larut dalam air), 10% globulin (larut dalam garam), 5% prolamin (larut dalam alkohol) dan 80% glutelin (larut dalam basa). Fraksi protein yang paling dominan adalah glutelin, yang bersifat tidak larut air, sehingga dapat menghambat penyerapan air dan pengembangan butir pati selama pemanasan (Juliano 1972).

Lipida beras terkumpul dalam butiran lipida atau sferosom. Bagian lembaga dan lapisan aleuron mengandung lipida tertinggi. Dalam lipida terikat terdapat 16% isolesitin dalam granula beras tetapi isolesitin tidak terdapat dalam lipida terikat dalam pati ketan dan pati jagung (Juliano 1980). Komposisi zat kimia butir beras dan ketan dapat dilihat pada Tabel 6.

Rasio amilosa dan amilopektin dari pati beras merupakan faktor penting dalam menentukan mutu rasa atau tekstur. Peningkatan amilosa akan meningkatkan kapasitas granula pati dalam menyerap air dan pengembangan volume tanpa menimbulkan *collaps*, sebab amilosa mempunyai kapasitas lebih besar dalam mengikat hidrogen (Juliano 1972). Begitu pula sebaliknya yang terjadi pada pati ketan yang mengandung amilopektin lebih banyak dibandingkan dengan pati beras.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 6 Komposisi zat kimia butir beras dan beras ketan

Komponen	Beras Biasa	Beras Ketan	
		Ketan Hitam	Ketan Putih
Energi (cal)	360.00	356.00	362.00
Protein (gr)	6.80	7.00	6.70
Lemak (gr)	0.70	0.70	0.70
Karbohidrat (gr)	78.90	78.00	79.40
Kalsium (mg)	6.00	10.00	12.00
Fosfor (mg)	140.00	148.00	148.00
Besi (mg)	0.80	0.80	0.80
Vitamin B1 (mg)	0.12	0.20	0.16
Air (%)	13.00	13.00	12.00

Sumber: Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (1972)

3. Penggunaan Ketan

Beberapa produk olahan beras memiliki kualifikasi tertentu terhadap bahan baku utamanya. Sifat-sifat terpenting dalam kualifikasi dan pemanfaatan ketan untuk produk olahannya adalah kadar amilosanya. Di bawah ini adalah beberapa produk hasil olahan ketan yang didapatkan dari literatur kue-kue tradisional di Indonesia (Kartohadiprojo *et al.* 1998, diacu dalam Kadirantau 2000).

a. Kue

Makanan ringan dari ketan ada bermacam-macam, baik diolah secara modern maupun yang diolah secara tradisional. Kue-kue khusus yang menggunakan ketan antara lain dodol, wingko, rengginang, getas, onde-onde, dan wajik.

b. Makanan ringan/*Rice Snack Food*.

Pengolahan secara modern membagi bahan untuk *Rice Snack Food* menjadi dua macam yaitu *non glutinous rice* dan *glutinous rice*. Beras *glutinous rice* mempunyai tekstur lunak dan mudah larut di mulut (*swelling*). Beras dengan sifat demikian dimiliki oleh beras dengan kadar amilosa rendah yaitu ketan. *Rice crackers* bisa dibuat dari



beras ketan atau beras biasa. Menurut Lupien (1993) di dalam Putra (2005), pembuatan *rice crackers* lebih disukai dari beras dengan kandungan amilosa sangat rendah (ketan), rendah, dan sedang. *Rice crackers* dari beras ketan menghasilkan tekstur yang lebih porous dan halus di mulut, sedangkan *rice crackers* dari beras biasa menghasilkan tekstur yang kurang porous dan agak kasar di mulut (Liu dan Luh 1980). Karakteristik lain yang diperhatikan adalah tingkat volume pengembangan, penyerapan air, aroma, dan rasa.

c. Pelembut/*Thickening agent*.

Ketan dalam bentuk tepung digunakan sebagai *thickening agent*/unsur pelembut untuk pencuci mulut dan beberapa jenis makanan beku. Hal ini karena ketan memiliki viskositas maksimum yang rendah, tidak mudah terjadi sineresis, memiliki efek retrogradasi yang rendah selama pemasakan, dan lebih stabil pada perlakuan pembekuan (Liu dan Luh 1980).

TEPUNG BERAS KETAN

Tepung beras ketan berasal dari penggilingan beras ketan putih (*Oryza sativa glutinosa*) sampai mencapai ukuran granula yang diinginkan. Tepung beras ketan atau sering disebut tepung beras manis, mempunyai sifat kekentalan pasta yang lazim seperti halnya tepung-tepung jagung ketan maupun tepung cantel ketan (*waxy* atau *glutinous*). Komposisi kimia tepung beras ketan hampir sama dengan komposisi kimia beras ketan utuh (Luh dan Liu 1980). Suhu gelatinisasi tepung beras ketan berkisar antara 68-78⁰C. Tepung beras ketan mengandung amilosa kurang dari 0.5% pada patinya dan sejumlah α -amilase yang tidak dapat diabaikan. Tepung ini mempunyai kekentalan puncak pasta yang lebih rendah daripada beberapa pasta tepung beras biji pendek, kemungkinan karena kegiatan amilolitiknya dan hampir tidak mempunyai kekentalan balik sama sekali (Haryadi 2008).

Tepung beras ketan berbeda dengan tepung beras lainnya atau pati-pati lainnya dalam hal ketahanan terhadap pelepasan air dari olahannya yang banyak mengandung air pada saat pelelehan esnya dari penyimpanan beku

(*thawing*). Tepung beras ketan dan patinya mempunyai ciri paling baik di antara pati-pati dan tepung padian lainnya, karena pastinya lebih tahan pada perlakuan beku-leleh daripada tepung-tepung ataupun pati-pati lainnya. Perilaku ini kemungkinan besar karena kandungan amilosanya yang sangat sedikit (Haryadi 2008).

Apabila tepung beras ketan digunakan sendiri sebagai sumber pati, kemantapan dapat dipertahankan sampai satu tahun atau bahkan lebih. Hal ini menunjukkan ketiadaan retrogradasi selama pendinginan. Ketiadaan retrogradasi tersebut sama halnya dengan perilaku tepung padian ketan lainnya, dan khususnya perilaku pati hasil pemurnian dari tepung yang bersangkutan. Kemantapan pasta tepung beras ketan yang tidak lazim tersebut, yang lebih daripada pasta tepung-tepung ataupun pati-pati lainnya kemungkinan karena struktur kimia yang khusus atau kemungkinan karena ukuran granula pati yang lebih kecil (Haryadi 2008). Komposisi kimia dari tepung beras ketan *Rose Brand* dan tepung ketan giling dapat dilihat pada Tabel 7, sedangkan syarat mutu tepung ketan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 7 Komposisi kimia tepung ketan *Rose Brand* dan tepung ketan giling

Komponen	<i>Rose Brand</i> (%)*)	Tepung Ketan Giling (%) *)
Kadar air	16.10	16.27
Kadar abu	1.18	1.03
Kadar serat	2.31	0.03
Kadar lemak	0.68	0.42
Kadar protein	6.22	7.50
Karbohidrat	73.51	74.75
Pati	51.42	–
- Amilosa	5.68	1–2 **)
- Amilopektin	45.56	98 – 99

Sumber: *) Ridwan *et al.* (1996)

**) Winarno (1992)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 8 Syarat mutu tepung ketan (SNI 01-4447-1998)

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan:		
Warna	–	Normal
Bau	–	Normal, tidak berbau apek
Rasa	–	Normal
Benda-benda asing	–	Tidak boleh ada
Serangga dalam bentuk stadia dan potongan-potongannya	–	Tidak boleh ada
Jenis pati lain selain pati ketan	–	Tidak boleh ada
Kehalusan		
Lolos ayakan 60 mesh	% (b/b)	Min. 99
Lolos ayakan 80 mesh	% (b/b)	Min. 70
Air	% (b/b)	Maks. 12
Abu	% (b/b)	Maks. 1.0
Silikat	% (b/b)	Maks. 0.2
Serat kasar	% (b/b)	Maks. 0.2
<i>Amilosa</i>	% (b/b)	Maks. 9
Derajat asam	ml N NaOH/100 g	Maks. 4.0
Bahan pengawet	–	Sesuai dengan SNI. 01-0222-1995
Residu SO ₂	–	Sesuai dengan SNI. 01-0222-1995
Cemaran logam:		
Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 1.0
Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 10.0
Seng (Zn)	mg/kg	Maks. 40.0
Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0.05
Cemaran arsen	mg/kg	Maks. 0.5
Cemaran mikroba:		
Angka lempeng total	koloni/g	Maks. 10 ⁶
<i>E. coli</i>	APM/g	Maks. 10
Kapang	koloni/g	Maks. 10 ⁴

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (1998)

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

E. PATI

1. Amilosa dan Amilopektin

Pati merupakan salah satu polisakarida yang paling sederhana di alam. Pati biasa berbentuk sebagai partikel diskret yang disebut granula (Munarso 1998). Pati dapat berikatan dengan iodine membentuk kompleks pati iodine yang berwarna biru. Sifat ini dapat digunakan untuk menganalisa adanya pati. Warna biru yang terbentuk disebabkan oleh molekul pati yang berbentuk spiral. Struktur bentuk spiral yang terdapat dalam pati merupakan karakteristik amilosa dalam larutan. Bila pati dipanaskan, spiral akan meregang, molekul-molekul iodine terlepas dan warna biru akan menghilang (Winarno 1992).

Amilosa dan amilopektin merupakan komponen utama pati yang berperan sebagai rangka struktur pati. Kedua molekul tersebut tersusun oleh beberapa unit glukosa yang saling berikatan. Amilosa merupakan molekul linear polisakarida dengan ikatan α -1,4 dengan derajat polimerasi (DP) beberapa ratus unit glukosa, sedangkan amilopektin mempunyai struktur amilosa pada rantai lurus, namun memiliki konfigurasi bercabang yang terdapat pada setiap 20–25 residu glukosa dengan ikatan α -1,6 (Whistler dan Daniel 1984, diacu dalam Munarso 1998).

Amilosa memiliki kemampuan untuk membentuk ikatan hidrogen atau untuk mengalami retrogradasi. Semakin banyak amilosa pada pati akan membatasi pengembangan granula dan mempertahankan integritas granula. Semakin tinggi kadar amilosa maka semakin kuat ikatan intramolekulernya. Viskositas pasta amilosa memiliki hubungan linier dengan konsentrasi. Pada selang konsentrasi amilosa 0-0.6%, peningkatan konsentrasi amilosa akan meningkatkan viskositasnya (Ulyarti 1997).

Sifat amilosa yang penting jika dibandingkan dengan amilopektin adalah amilosa lebih mudah keluar dari granula dan memiliki kemampuan untuk mudah berasosiasi dengan sesamanya. Seperti pada umumnya polimer linear, amilosa mampu membentuk film dan serat

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

(*fibers*) dengan kekuatan mekanik yang tinggi sehingga memungkinkan untuk dipergunakan sebagai pelapis makanan yang transparan sekaligus dapat dimakan (Ulyarti 1997).

Struktur cabang pada amilopektin merupakan salah satu hasil mekanisme enzim yang memecah rantai linier yang panjang. Hasil pecahan berupa rantai-rantai pendek dengan 25 unit glukosa yang kemudian bergabung membentuk struktur yang berantai banyak (Ulyarti 1997).

Derajat polimerasi amilopektin sangat bervariasi. Bila dibandingkan dengan amilosa yang hanya memiliki derajat polimerisasi sebesar 500–2.000 unit glukosa, derajat polimerisasi amilopektin sangat besar yaitu lebih dari 50.000 unit glukosa yang berarti berat molekul amilopektin $\pm 10^7$ Dalton. Amilopektin merupakan komponen pati yang membentuk kristalinitas granula pati. Viskositas pasta amilopektin akan meningkat apabila konsentrasinya dinaikkan (0–3%). Akan tetapi hubungan ini tidak linier sehingga diperkirakan terjadi interaksi atau pengikatan secara acak di antara molekul-molekul cabang (Ulyarti 1997).

Amilopektin yang memiliki rantai cabang lebih panjang memiliki kecenderungan yang kuat untuk membentuk gel. Adanya amilopektin pada pati akan mengurangi kecenderungan pati dalam membentuk gel. Karakteristik seperti tekstur, viskositas, dan stabilitas dipengaruhi secara nyata oleh kadar dan berat molekul amilosa dan amilopektin (Luallen 1988, diacu dalam Munarso 1998). Perbandingan amilosa dan amilopektin dapat menentukan tekstur, pera tidaknya nasi, cepat tidaknya mengeras dan lekat tidaknya nasi (Winarno 1981). Berdasarkan pada kadar amilosa dan amilopektinnya, beras dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu:

- Beras ketan: dengan kadar amilosa 1 – 2%
- Beras pulen: dengan kadar amilosa 7 – 20%
- Beras sedang: dengan kadar amilosa 20 – 25%
- Beras pera: dengan kadar amilosa lebih dari 25%

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2. Gelatinisasi dan Retrogradasi

Molekul pati mempunyai gugus hidrofilik yang dapat menyerap air. Bagian yang amorf dapat menyerap air dingin sampai dengan 30%. Pemanasan pati dapat meningkatkan daya serap air sampai 60%. Penyerapan air yang besar disebabkan oleh pecahnya ikatan hidrogen pada bagian yang *amorf*. Pada awalnya perubahan volume dan penyerapan air masih bersifat *reversible*. Namun, pecahnya bagian *amorf* akan diikuti oleh pecahnya granula pada suhu tertentu dan pembengkakan granula pati menjadi *irreversible* (tidak dapat kembali). Kondisi pembengkakan granula pati yang bersifat *irreversible* ini disebut dengan gelatinisasi, sedangkan suhu pada saat granula pecah disebut suhu gelatinisasi (Hoseney 1998).

Gelatinisasi merupakan fenomena kompleks yang bergantung pada ukuran granula, persentase amilosa, bobot molekul, dan derajat kristalisasi dari molekul pati di dalam granula. Pada umumnya, granula yang kecil membentuk gel lebih lambat sehingga mempunyai suhu gelatinisasi yang lebih tinggi daripada granula yang besar (Moorthy 2004). Proses gelatinisasi melibatkan peristiwa-peristiwa sebagai berikut: (1) hidrasi dan *swelling* (pembesaran) granula; (2) hilangnya sifat *birefringent*; (3) peningkatan kejernihan; (4) peningkatan konsistensi dan pencapaian viskositas puncak; (5) pemutusan molekul-molekul linier dan penyebarannya dari granula yang telah pecah.

Suhu gelatinisasi tidak mempunyai hubungan yang jelas dengan kandungan amilosa pati (Mulyandari 1992). Tetapi setelah tercapai suhu gelatinisasi, sifat pati tergelatinisasi tergantung pada fraksi pati yaitu amilosa dan amilopektin. Keberadaan lemak dan protein dapat menyelimuti granula pati sehingga dapat menghalangi proses gelatinisasi. Gula atau padatan terlarut mengakibatkan kompetisi dalam penyerapan air. Gelatinisasi membutuhkan air yang tersedia pada derajat reaktivitas tertentu sehingga dengan adanya komponen lain maka air yang tersisa perlu ditingkatkan reaktivitasnya dengan cara menaikkan suhu (Ulyarti 1997).

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pada proses gelatinisasi terjadi perusakan ikatan hidrogen intramolekuler. Ikatan hidrogen ini berfungsi untuk mempertahankan integritas struktur granula. Terdapat gugus hidroksil bebas yang akan menyerap air, sehingga selanjutnya terjadi pembengkakan granula pati. Karena jumlah gugus hidroksil molekul pati sangat besar maka kemampuan menyerap air juga sangat besar. Terjadi peningkatan viskositas yang disebabkan oleh air yang awalnya bebas bergerak sebelum suspensi dipanaskan, kini berada di dalam granula dan tidak dapat bergerak lagi. Kenaikan dan penurunan viskositas selama gelatinisasi sangat diikuti dengan menggunakan *Brabender amylograph* (Sugiyono 2004, diacu dalam Putra 2005). Sifat dan suhu gelatinisasi beberapa jenis pati dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Sifat dan suhu gelatinisasi beberapa jenis pati

Jenis Pati	Rasio amilosa/ amilopektin	Kisaran suhu gelatinisasi (°C)	Warna pasta
Sagu	27/73	60 – 72	Agak bening
Beras	17/83	61 – 78	Buram
Jagung	26/74	62 – 74	Agak buram
Kentang	24/76	56 – 69	Agak buram
Tapioka	17/83	52 – 64	Bening
Gandum	25/75	52 – 64	Buram

Sumber: Anonim^e (2009)

Beberapa molekul pati, khususnya amilosa yang dapat terdispersi dalam air panas, meningkatkan granula-granula yang membengkak dan masuk ke dalam cairan yang ada di sekitarnya. Karena itu, pasta pati yang telah mengalami gelatinisasi terdiri atas granula-granula yang membengkak tersuspensi dalam air panas dan molekul-molekul amilosa yang terdispersi dalam air. Molekul-molekul amilosa tersebut akan terus terdispersi asalkan pasta pati tersebut tetap dalam keadaan panas. Karena itu dalam kondisi panas, pasta masih memiliki kemampuan untuk mengalir yang fleksibel dan tidak kaku (Winarno 1992).

Bila pasta tersebut kemudian mendingin, energi kinetik tidak lagi cukup tinggi untuk melawan kecenderungan molekul-molekul amilosa

untuk bersatu kembali. Molekul-molekul amilosa berikatan kembali satu sama lain serta berikatan dengan cabang amilopektin pada pinggir-pinggir luar granula. Dengan demikian, mereka menggabungkan butir pati yang membengkak itu menjadi semacam jaring-jaring membentuk mikrokristal dan mengendap. Proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi tersebut disebut retrogradasi. Sebagian besar pati yang telah menjadi gel bila disimpan atau didinginkan untuk beberapa hari atau minggu akan membentuk endapan kristal di dasar wadahnya (Winarno 1992).

Pada pati yang dipanaskan dan telah dingin kembali ini sebagian air masih berada di bagian luar granula yang membengkak. Air ini mengadakan ikatan yang erat dengan molekul-molekul pati pada permukaan butir-butir pati yang membengkak, demikian juga dengan amilosa yang mengakibatkan butir-butir pati yang membengkak. Sebagian air pada pasta yang telah dimasak tersebut berada dalam rongga-rongga jaringan yang terbentuk dari butir pati dan endapan amilosa. Bila gel dipotong dengan pisau atau disimpan untuk beberapa hari, air tersebut dapat keluar dari bahan. Keluarnya atau merembesnya cairan dari suatu gel dari pati disebut sineresis (*syneresis*) (Winarno 1992).

F. BISKUIT DAN PENURUNAN MUTU BISKUIT

Biskuit adalah istilah yang menunjuk kepada sekelompok makanan ringan (*snack food*) berkadar air rendah dengan tekstur renyah, terbuat dari campuran tepung, shortening (lemak), gula, air, dan sebagian kecil *leavening agent* (yeast, soda, amonium bikarbonat) (Savitri 2000). Biskuit merupakan salah satu jenis makanan yang cukup populer. Produk ini mempunyai bentuk yang bermacam-macam. Penampilannya menarik dan segi penerimaan konsumen yang baik. Di samping itu, produk ini mempunyai masa simpan yang cukup lama (awet) dengan nilai gizi yang cukup tinggi.

Biskuit sangat bervariasi dalam formulasi, bentuk, tekstur, dan rasanya. Menurut Paul dan Southgate (1978) didalam Savitri (2000), komposisi produk biskuit sangat beragam, namun demikian hampir semua produk biskuit mengandung air berkisar antara: 0.7% – 6.7%; lemak 1.9% – 30.7%; protein 5.0% – 45.0%; gula (sukrosa) 1.0% – 44.7%; abu 0.0% –

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memungut dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1.0%; garam (NaCl) 0.2% – 3.1%. Pembagian jenis-jenis biskuit didasarkan pada perbandingan air dan lemak, perbandingan antara jumlah bagian lemak terhadap tepung serta jumlah bagian gula terhadap tepung. Perbandingan antara air dan lemak digunakan untuk mengklasifikasi jenis adonan. Berdasarkan perbandingan ini dikenal tiga jenis adonan yaitu: *batter*, *short dough*, dan *hard dough* (Tabel 10). Perbandingan antara jumlah bagian lemak dan gula terhadap jumlah bagian tepung digunakan untuk mengklasifikasi produk akhir (Tabel 11).

Tabel 10 Pembagian jenis adonan biskuit

Komponen utama	Jenis adonan	Kelompok biskuit
Komponen utama adalah air	<i>Batter</i>	<i>Wafer, sponge drops</i>
Kandungan lemak lebih banyak dari air	<i>Short dough</i>	<i>Short sweet, cookies, dan snaps</i>
Kandungan air lebih banyak dari lemak	<i>Hard dough</i>	<i>Crackers dan semi sweet</i>

Sumber: Manley (1983)

Tabel 11 Klasifikasi biskuit

Jenis Biskuit	Deskripsi
<i>Crackers</i>	Kandungan gula sedikit, kandungan lemak bervariasi, tergantung tekstur yang diinginkan.
<i>Semi sweet</i>	Kandungan gula sedang, kandungan lemak rendah, tekstur keras, dan manis.
<i>Short sweet</i>	Kandungan gula maupun lemak tinggi, jenis produknya cukup beragam.
<i>Cookies atau Rich short sweet</i>	Kandungan lemak maupun gula lebih tinggi dari <i>short sweet</i>
<i>Snaps & crunches</i>	Kandungan gula sangat tinggi, tekstur sangat keras.
<i>Wafer</i>	Kandungan gula dan lemak sangat rendah, diberikan aerasi untuk memberikan karakter ringan dan <i>crispy</i> .

Sumber: Manley 1983, diacu dalam Arpah 1998

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Perbandingan antara jumlah bagian lemak terhadap tepung serta jumlah bagian gula terhadap tepung dalam prosedur produksi biskuit dinyatakan dalam jumlah bagian lemak per seratus bagian tepung serta jumlah bagian tepung serta jumlah bagian gula per seratus bagian gula. Jika digunakan kedua prosedur perhitungan tersebut maka akan didapat klasifikasi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 12. Tabel ini dapat digunakan untuk menentukan jenis biskuit berdasarkan pada perbandingan lemak dan gula terhadap tepungnya.

Tabel 12 Perbandingan kandungan lemak serta gula terhadap 100 bagian tepung dari biskuit

Jenis biskuit	Kandungan gula (g) per 100 bagian tepung	Kandungan lemak (g) per 100 bagian tepung
<i>Crackers</i>	0 – 5	10 – 15
<i>Semi sweet</i>	17 – 27	13 – 26
<i>Short sweet</i>	25 – 38	28 – 48
<i>Cookies atau Rich short sweet</i>	45 – 68	50 – 60
<i>Snaps & crunches</i>	63 – 73	12 – 28
<i>Wafer</i>	0 – 8	0 – 10

Sumber: Manley 1983, diacu dalam Arpah 1998

Menurut Charley (1982), biskuit yang berkualitas tinggi mempunyai lapisan kulit coklat keemasan tanpa noda-noda coklat. Biskuit simetris, lembut, bagian atas rata, dan sisi-sisi lurus. Lapisan kulit renyah dan lembut. Remah-remah seharusnya putih sampai putih krem, butiran halus, dan lunak. Menurut SNI No. 01-2973-1992, syarat mutu biskuit dapat dilihat pada Tabel 13. Mutu biskuit tergantung pada komponen pembentuknya dan penanganan bahan sebelum dan sesudah proses produksi. Penyimpangan mutu produk akhir dapat terjadi karena penggunaan bahan-bahan tidak dalam proporsi dan cara pembuatan yang tepat (Tabel 14).

Tabel 13 Syarat mutu biskuit (SNI 01-2973-1992)

Komponen	Spesifikasi
Air (% b/b)	Maksimum 5%
Protein (% b/b)	Minimum 9%
Lemak (% b/b)	Minimum 9.5%
Karbohidrat (% b/b)	Minimum 70%
Abu (% b/b)	Maksimum 1.6%
Logam berbahaya	Negatif
Serat kasar	Maksimum 0.5%
Kalori (kal/100 g)	Minimum 400
Jenis tepung	Terigu
Bau dan rasa	Normal, tidak tengik
Warna	Normal

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (1992)

Tabel 14 Berbagai penyimpangan produk akhir pembuatan biskuit dan penyebabnya

Jenis Penyimpangan	Penyebab
Keras	Kurang lemak Kurang air
Pucat	Proporsi bahan kurang tepat Oven kurang panas
Bentuk tidak rata	Pencampuran tidak rata Penanganan tidak hati-hati Panas tidak merata
Warna coklat tidak merata	Bentuk tidak rata Panas tidak merata
Hambar dan berat	Proporsi bahan pembentuk tidak seimbang
Keras dan porous	Pencampuran tidak tepat
Kasar dan kering	Pencampuran tidak tepat Adonan terlalu keras dan kenyal
Permukaan keras	Penanganan terlalu lama Pemanggangan terlalu lama
Berminyak dan rapuh	Suhu terlalu tinggi Terlalu banyak lemak

Sumber: Vail *et al.* (1978)

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Mutu biskuit akan menurun seiring dengan bertambahnya umur produk. Selama proses penanganan, pengolahan, penyimpanan, dan distribusi, mutu produk pangan akan mengalami perubahan karena adanya interaksi dengan berbagai faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan mutu tersebut dapat dibedakan menjadi dua, yaitu faktor ekstrinsik dan intrinsik. Faktor ekstrinsik (lingkungan) meliputi udara, oksigen, uap air, cahaya, dan suhu, sedangkan faktor intrinsik meliputi komposisi produk. Keadaan lingkungan akan memicu reaksi dalam produk, seperti reaksi kimia, reaksi enzimatik, atau proses fisik dalam bentuk penyerapan uap air/gas (Fitria 2007).

Makanan kering pada umumnya termasuk biskuit mengalami kerusakan apabila menyerap uap air berlebihan. Kerusakan air ini cukup kompleks karena dapat melibatkan berbagai jenis reaksi kerusakan yang sensitif terhadap perubahan a_w . Beberapa reaksi dapat berlangsung secara spontan seperti reaksi pencoklatan non enzimatis, perubahan organoleptik, kehilangan/kerusakan vitamin, oksidasi lipida, dan reaksi pembentukan *off-flavor*. Pada produk makanan jenis biskuit, kerusakannya lebih sering dihubungkan dengan kerusakan tekstur (Fitria 2007).

Kerenyahan merupakan kriteria mutu penting dari berbagai produk sereal atau *snack*. Kerenyahan dipengaruhi oleh sejumlah air terikat pada matriks karbohidrat yang mempengaruhi pergerakan relatif dari daerah kristalin dan amorf (Piazza dan Massi 1997). Menurut Adawiyah (2002), struktur amorf atau *partially* amorf dalam bahan pangan terbentuk karena berbagai proses, salah satunya adalah proses pemanggangan. Kerenyahan produk pangan berkadar air rendah dipengaruhi oleh kandungan air dan akan hilang karena adanya plastisasi struktur fisik oleh suhu atau air. Produk sereal memiliki tekstur yang renyah dalam keadaan gelas, tetapi plastisasi akibat peningkatan kadar air atau suhu menyebabkan terjadinya perubahan material menjadi karet (*rubbery*) sehingga produk menjadi lembek (*sogginess*). Uap air akan menyebabkan plastisasi dan pelunakan terhadap pati atau protein yang mengakibatkan penurunan mutu yaitu kerenyahan menurun. Dilaporkan bahwa dengan uji organoleptik, kerenyahan makanan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

kudapan (*snack food*) menurun dengan meningkatnya a_w produk (Setiawan 2005).

G. *SNACK FOOD DAN RICE CRACKERS*

1. *Snack Food*

Makanan ringan atau dikenal dengan sebutan *snack food* adalah makanan yang dikonsumsi selain atau antara waktu makan utama dalam sehari. Oleh karena itulah, makanan ini biasa juga disebut *snack* yang berarti sesuatu yang dapat mengobati kelaparan seseorang dan memberikan suplai energi yang cukup untuk tubuh (Anonim^f 2006). Makanan yang termasuk makanan ringan, tidak hanya mencakup produk seperti *popcorn*, produk ekstrusi, keripik kentang, dan produk sejenis, tapi juga memiliki konotasi yang luas mencakup berbagai jenis produk pangan yang umumnya dikonsumsi sebagai bagian dari makanan utama.

Berdasarkan bahan baku yang digunakan *snack* dibedakan menjadi dua macam. Kelompok pertama adalah *snack* yang menggunakan satu bahan dasar utama seperti jagung dan beras. *Snack* jenis kelompok pertama biasanya hanya ditambahkan bahan pencita rasa seperti gula, garam, dan bumbu penyedap. Kelompok kedua adalah *snack* yang menggunakan bahan dasar dan bahan tambahan lain yang dicampur untuk mendapatkan produk ekstrusi yang mempunyai nilai gizi yang baik, daya cerna, dan mutu fisik atau organoleptik yang lebih tinggi (Muchtadi *et al.* 1988).

Harper (1981) membagi *snack food* menjadi tiga kelompok. Kelompok pertama atau generasi pertama merupakan produk-produk konvensional seperti keripik kentang, singkong, dan *crackers*. *Snack food* kelompok kedua ini merupakan makanan ringan yang dibuat hanya dengan melalui proses ekstrusi saja, contohnya adalah *cheese ball* yang merupakan salah satu produk *collet* dengan berbagai bentuk sederhana dengan tambahan *flavor*, sedangkan kelompok ketiga yaitu *snack food* yang setelah proses ekstrusi masih memerlukan tahap pengolahan lanjutan, contohnya adalah *onion ring*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

2. *Rice Crackers*

Rice crackers adalah salah satu makanan tradisional dari Jepang yang sudah dikonsumsi sejak dahulu sebagai kudapan atau *snack*. *Rice crackers* secara luas diklasifikasikan menjadi dua, yaitu *senbei* dan *arare/okaki* (Lusas dan Lloyd 2001). *Senbei* adalah sebutan untuk berbagai jenis kue kering tradisional di daerah Kansai, dan rasanya manis seperti biskuit (Anonim^g 2006). *Senbei* merupakan *crackers* renyah yang dibuat dari *Oryza sativa* jenis *japonica*. *Crackers* ini biasanya berbentuk *flat*, digoreng atau dipanggang secara tradisional dengan menggunakan arang sehingga memberi aroma khas. *Senbei* biasanya berasa asin atau dapat diberi *flavor* dengan menambahkan kecap atau *sesame oil*, dipanggang dengan kacang kedelai atau kacang-kacangan lain didalamnya, dan dapat diselimuti dengan rumput laut (*norimaki*). *Arare* merupakan *senbei* yang berukuran lebih kecil dan terbuat dari *glutinous rice* (Anonim^h 2009). *Senbei* mempunyai tekstur lebih keras dan lebih kasar dibandingkan dengan *arare* (Juliano 1993).

Rice crackers pada umumnya memiliki tekstur yang renyah, rasanya asin, dan gurih. Banyak sekali variasi dalam *flavor* maupun warnanya. *Rice crackers* dimungkinkan dapat dibuat dari tepung beras atau beras ketan sehingga mudah dalam pengadonan dan pencetakan serta proses pengeringan maupun pemanggangan dapat dilakukan dengan sistem oven. *Rice crackers* juga mengalami proses pengembangan volume dan membentuk produk yang berpori dengan tekstur spesifik. Hal ini terjadi karena berlangsungnya proses gelatinisasi pati pada beras tersebut (Ridwan *et al.* 1996).

Salah satu jenis *rice crackers* yang ada di Indonesia misalnya adalah opak. Namun, mutu opak yang dihasilkan secara tradisional di Indonesia sulit sekali dapat bersaing dengan produk sejenis asal impor seperti *waxy crackers* atau *rice crackers* dari Taiwan, Hongkong, dan Singapura. Di Jepang, proses pembuatan *rice crackers* dilakukan secara masinal dan kontinyu sehingga produksinya lebih cepat. Jika teknologi proses pembuatan *rice crackers* secara tradisional dengan kapasitas 750-

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1000 kg bisa dilakukan selama 3-4 hari, maka dengan proses masinal hanya membutuhkan waktu 3-4 jam (Ridwan *et al.* 1996).

a. Bahan-bahan pembuatan *rice crackers*

Rice crackers dapat dibuat dari *glutinous rice (arare)* atau *non-glutinous rice (senbei)* dengan penambahan *salad oil*, kecap, atau *seasoning* lainnya setelah proses pemanggangan. Menurut Putra (2005), bahan-bahan yang digunakan pada produk opak tepung ketan komersial (*glutinous rice crackers*) adalah tepung beras ketan, air, dan garam sebagai bahan pengikat atau pembentuk adonan yang kompak, sedangkan bahan yang berfungsi sebagai pelembut tekstur adalah gula, dan *baking powder* sebagai bahan pengembang.

Air berfungsi untuk melarutkan garam, menahan, dan menyebarkan bahan bukan tepung secara seragam, membasahi, dan mengembangkan pati. Lemak dan minyak digunakan untuk memperbaiki citarasa, struktur (melunakkan dan menghaluskan tekstur), dan keempukan (membuat struktur elastis) (Winarno 1992). Matz dan Matz (1978) menyatakan bahwa jenis lemak yang ada antara lain margarine, minyak tumbuhan, mentega dan lemak hewan seperti lemak sapi dan lemak babi.

Garam dan gula yang digunakan terutama berperan dalam hal rasa. Gula yang biasa digunakan dalam pembuatan produk bakeri adalah gula sukrosa (gula putih dari tebu atau dari bit), baik berbentuk kristal maupun berbentuk tepung. Garam akan membangkitkan rasa pada bahan-bahan lainnya. Garam adalah suatu bahan pematat (pengeras). Bila adonan tidak memakai garam, maka adonan akan menjadi agak basah (Maulana 2003). Faktor yang dapat menentukan penambahan jumlah garam adalah resep atau formula yang dipakai. Dalam keadaan normal, garam yang digunakan adalah 2-2.25% (U. S. Wheat Associates 1981).

Leavening agent atau bahan pengembang merupakan senyawa kimia yang apabila terurai akan menghasilkan gas dalam adonan (Winarno 1992). Pada pembuatan *crackers*, bahan pengembang berfungsi dalam pembentukan volume dan membuat produk menjadi ringan. *Leavening agent* dalam adonan penting untuk tekstur dan warna yang dihasilkan pada

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

produk (Faridi 1994). Tanpa *leavening agent*, adonan tidak akan mengembang, memiliki remah-remah yang tebal dan uap dalam adonan tidak terdispersi dengan baik.

Leavening agent yang digunakan dalam pembuatan *crackers* ini adalah *baking powder* yang merupakan bahan peragi hasil reaksi asam (sitrat atau tartarat) dengan sodium bikarbonat (NaHCO_3) (U. S. Wheat Associates 1981). Sifat *baking powder* adalah cepat larut dalam suhu kamar dan tahan lama selama pengolahan (Matz dan Matz 1978). Kombinasi sodium bikarbonat dan asam dimaksudkan untuk memproduksi gas karbondioksida baik sebelum dipanggang atau pada saat dipanaskan di oven (Manley 1983).

b. Proses pembuatan *rice crackers*

Proses pembuatan *rice crackers* diawali dengan pencampuran bahan-bahan. Pencampuran bahan dilakukan sampai terjadi konsistensi adonan (Sugiyono 2004 di dalam Putra 2005). Bahan utama *glutinous rice crackers* adalah tepung ketan. Bahan tambahannya terdiri atas garam, gula, santan, dan *baking powder*. Bahan-bahan tersebut diaduk dan ditambahkan air panas sedikit demi sedikit (Putra 2005).

Setelah terbentuk adonan, dilakukan pengukusan awal pada suhu 100°C . Pengukusan dilakukan untuk meningkatkan kekompakan adonan dan supaya terjadi sebagian gelatinisasi pada adonan untuk mempermudah proses pemipihan. Tahap selanjutnya yaitu diuleni dan dilakukan proses pemipihan (*sheeting*) dengan menggunakan alat *sheeting* sehingga diperoleh ketebalan sekitar ± 1.5 mm (Putra 2005).

Adonan yang berbentuk lembaran kemudian dicetak dengan menggunakan cetakan manual dan dikukus pada suhu 80°C selama 12 menit. Bahan yang telah dicetak selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 3 jam. Setelah itu, bahan tersebut didinginkan dan kemudian dimasak dengan pemanggangan pada suhu 180°C selama 4 menit (Putra 2005).

Senbei dibuat dari beras yang direndam air sampai kadar airnya 20-30% kemudian digiling, dikukus, direndam dalam air agar dingin, dibuat

lembaran, dipotong, dan dicetak kemudian dikeringkan pada suhu 70-75°C sampai kadar airnya 20%. Dilakukan tempering selama 10-20 jam kemudian dikeringkan lagi pada suhu 70-75°C sampai kadar airnya 10-12%, selanjutnya dipanggang dalam oven pada suhu 200-260°C (Haryadi *et al.* 1991). *Arare* dibuat dari beras ketan direndam dalam air sampai kadar airnya 38%, digiling, dikukus selama 15-30 menit, didinginkan, diadon, didinginkan sampai 2-5°C, dipotong, dikeringkan sampai kadar air 20% pada suhu 45-75°C, dibumbui dengan kecap dan selanjutnya dipanggang pada suhu 200-260°C dan selanjutnya dikeringkan pada suhu 90°C selama 30 menit (Haryadi *et al.* 1991).

UMUR SIMPAN

Suatu produk dianggap baik bilamana kualitas produk secara umum dapat diterima untuk tujuan seperti yang diinginkan konsumen dan bahan pengemas masih memiliki integritas serta memproteksi isi kemasan. Secara umum, pengertian umur simpan adalah rentang waktu antara saat produk mulai dikemas atau diproduksi dengan saat mulai digunakan dimana mutu produk masih memenuhi syarat untuk dikonsumsi. Menurut Arpah (2001), umur simpan adalah waktu hingga produk mengalami satu tingkat deteriorasi. Reaksi deteriorasi merupakan suatu reaksi kimia sehingga mekanisme deteriorasi dapat dianalisa secara matematika. Dengan analisa tersebut, waktu produk pangan mulai rusak dapat diketahui sehingga umur simpan produk pangan dapat ditentukan.

Penentuan umur simpan produk pangan merupakan suatu jaminan mutu industri pangan bahwa produk pangan yang bermutu baik saja yang didistribusikan ke konsumen (Hariyadi 2006). Menurut Syarief dan Hariyadi (1993), hasil atau akibat dari berbagai reaksi kimiawi yang terjadi di dalam produk pangan bersifat akumulatif dan *irreversible* selama penyimpanan sehingga pada saat tertentu hasil reaksi tersebut mengakibatkan mutu pangan tidak dapat diterima lagi. Jangka waktu akumulasi hasil reaksi yang mengakibatkan mutu pangan tidak dapat diterima disebut sebagai jangka waktu kadaluwarsa. Lebih lanjut ditambahkan bahwa bahan pangan disebut rusak apabila bahan pangan tersebut telah kadaluwarsa, yaitu telah melampaui

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



masa simpan optimumnya dan pada umumnya pangan tersebut menurun mutu gizinya meskipun penampakannya masih bagus.

Penentuan umur simpan suatu produk dilakukan dengan mengamati produk selama penyimpanan sampai terjadi perubahan yang tidak dapat diterima lagi oleh konsumen. Perubahan mutu pangan terutama dapat diketahui dari perubahan faktor mutu tersebut sehingga dalam menentukan daya simpan suatu produk perlu dilakukan pengukuran terhadap atribut mutu produk tersebut (Syarief dan Hariyadi 1993). Menurut Syarief *et al.* (1989), faktor-faktor yang mempengaruhi umur simpan bahan pangan yang dikemas adalah sebagai berikut:

1. Keadaan alamiah atau sifat makanan dan mekanisme berlangsungnya perubahan, misalnya kepekaan terhadap air dan oksigen, dan kemungkinan terjadinya perubahan kimia internal dan fisik.
2. Ukuran kemasan dalam hubungan dengan volume.
3. Kondisi atmosfer (terutama suhu dan kelembaban) dimana kemasan dapat bertahan selama transit dan sebelum digunakan.
4. Kekuatan keseluruhan dari kemasan terhadap keluar masuknya air, gas, dan bau, termasuk perekatan, penutupan, dan bagian-bagian yang terlipat.

Menurut Labuza (1982), konsumen seharusnya memperoleh informasi tentang umur simpan dari produk yang dikonsumsi. Informasi tersebut dapat berupa tanggal pada saat produk diproduksi (*pack date*), tanggal pada saat produk diletakkan di toko (*display date*), tanggal terakhir yang dianjurkan bagi konsumen untuk membeli produk tersebut sehingga masih mempunyai jangka waktu untuk mengonsumsinya tanpa produk tersebut mulai mengalami kerusakan (*pull date sell by date*), waktu maksimum dimana produk masih mempunyai kualitas tinggi (*best if used by date*), atau tanggal pada saat kualitas produk sudah tidak dapat diterima lagi oleh konsumen (*use by date* atau *expired date*).

Menurut Floros (1993) di dalam Arpah (2001), umur simpan produk pangan dapat diduga dan kemudian ditetapkan waktu kadaluarsanya dengan menggunakan dua konsep studi penyimpanan produk pangan, yaitu dengan *Extended Storage Studies* (ESS) atau metode konvensional dan *Accelerated*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Storage Studies (ASS) atau metode akselerasi. Penentuan umur simpan secara konvensional membutuhkan waktu yang lama karena dilakukan dengan cara menyimpan suatu seri produk pada kondisi normal sehari-hari sambil dilakukan pengamatan penurunan mutunya. Metode akselerasi diterapkan pada produk pangan dengan memvariasikan kondisi kelembaban relatif (RH), suhu atau intensitas cahaya baik secara sendiri-sendiri maupun gabungannya. Keuntungan metode ini adalah memerlukan waktu yang relatif singkat tetapi tetap memiliki ketepatan dan akurasi yang tinggi (Arpah 2001).

Salah satu metode akselerasi yang diterapkan pada produk pangan kering adalah model kadar air kritis. Pada metode ini, kondisi lingkungan penyimpanan memiliki kelembaban relatif (*relative humidity*) yang ekstrim sehingga kadar air kritis lebih cepat tercapai daripada kondisi normal atau kondisi penyimpanan pada suhu rendah. Produk pangan kering yang disimpan akan mengalami penurunan mutu akibat penyerapan uap air (Nugroho 2007). Pendugaan umur simpan dengan pendekatan model kadar air kritis umumnya digunakan untuk produk pangan yang relatif mudah rusak akibat penyerapan kadar air dari lingkungan (Syalfina 2007).

Dalam metode kadar air kritis, kerusakan produk didasarkan semata-mata pada kerusakan produk akibat menyerap air dari luar hingga mencapai batas yang tidak dapat diterima secara organoleptik. Kadar air pada kondisi dimana produk pangan mulai tidak dapat diterima secara organoleptik disebut kadar air kritis. Batas penerimaan tersebut didasarkan pada standar mutu organoleptik yang akan spesifik untuk setiap jenis produk (Fitria 2007). Waktu yang diperlukan oleh produk untuk mencapai kadar air kritis menyatakan umur simpan produk. Produk pangan yang umur simpannya dapat ditentukan dengan metode kadar air kritis antara lain biskuit, wafer, produk konfeksionari (permen), makanan ringan (*snack dan chips*), dan produk instan (*powder*) (Syalfina 2007).

Model kadar air kritis ini dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan, salah satunya yaitu menggunakan kurva sorpsi isotermis. Pendekatan kurva sorpsi isotermis digunakan untuk produk yang mempunyai kurva isotermis yang biasanya berbentuk sigmoid (bentuk S) (Buckle *et al.*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1987). Pada kenyataannya, grafik penyerapan uap air dari udara oleh bahan pangan (kurva adsorpsi) dan grafik pelepasan uap air oleh bahan pangan ke udara (desorpsi) tidak pernah berhimpit. Keadaan demikian disebut fenomena histerisis. Fenomena ini diperlihatkan oleh perbedaan nilai-nilai kadar air kesetimbangan yang diperoleh dari proses desorpsi dan adsorpsi. Besarnya histerisis dan bentuk kurva sangat beragam tergantung faktor-faktor seperti bahan pangan, perubahan fisik yang terjadi selama perpindahan air, suhu, kecepatan desorpsi atau adsorpsi, dan tingkatan air yang dipindahkan selama desorpsi atau adsorpsi (Fennema 1996). Kurva sorpsi isoteremis sangat khas untuk setiap jenis bahan pangan. Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk membuat kurva sorpsi isoteremis pada berbagai bahan pangan (Viswanathan *et al.* 2003; Al-Muhtaseb *et al.* 2004; Ayranci dan Osman 2005; Togrul dan Nurhan 2007; Goula *et al.* 2008).

Penentuan umur simpan produk pangan dengan menggunakan pendekatan kurva sorpsi isoteremis memperhitungkan pengaruh perbedaan kadar air awal dibandingkan dengan kadar air kritis, perbedaan tekanan uap air, permeabilitas uap air kemasan, dan luas kemasan. Keseluruhan faktor yang mempengaruhi umur simpan ini diformulasikan oleh Labuza menjadi persamaan kadar air kritis (Labuza 1982). Persamaan Labuza ini dapat digunakan untuk menentukan umur simpan produk pada suhu dan kondisi RH tertentu. Persamaan tersebut adalah:

$$t_s = \frac{\ln \left[\frac{(M_e - M_o)}{(M_e - M_c)} \right]}{\left(\frac{k}{x} \right) \times \left(\frac{A}{W_s} \right) \times \left(\frac{P_o}{b} \right)} \dots\dots\dots \text{Pers 1}$$

dimana:

- t_s = waktu yang diperlukan produk dalam kemasan untuk bergerak dari kadar air awal menuju kadar air kritis (hari = 24 jam)
- M_e = kadar air keseimbangan produk (g H₂O/g bk)
- M_o = kadar air awal produk (g H₂O/g bk)
- M_c = kadar air kritis (g H₂O/g bk)
- b = kemiringan (slope) kurva sorpsi isoteremis
- k/x = konstanta permeabilitas uap air kemasan (g/m².hari.mmHg)
- A = luas permukaan kemasan (m²)
- W_s = berat kering produk dalam kemasan (g)
- P_o = tekanan uap jenuh (mmHg)

III. METODOLOGI

A. BAHAN DAN ALAT

1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bahan untuk membuat tepung jagung, *crackers*, dan bahan untuk penentuan umur simpannya. Bahan untuk membuat tepung jagung adalah jagung varietas BPPT-IPB 1 (masih dalam tahap sertifikasi) dan air. Bahan untuk pembuatan *crackers* adalah tepung jagung, tepung ketan *Rose Brand*, garam, gula, *baking powder* cap *Koepoe-Koepoe* dan minyak. Bahan-bahan kimia untuk analisis produk terpilih adalah bahan analisa proksimat (heksana, K_2SO_4 , HgO, H_2SO_4 pekat, NaOH, $Na_2S_2O_3$, H_2BO_3 , indikator campuran metil red-metil blue, dan HCl), analisa kadar pati (HCl 25%, NaOH 45%, indikator PP, indikator pati, KI, H_2SO_4 , Na-thiosulfat, dan larutan *Luff Schoorl*), dan analisa kadar amilosa (amilosa murni, larutan iod, NaOH 1N, alkohol 95%, asam asetat, dan akuades). Bahan-bahan untuk penentuan umur simpan produk terpilih adalah garam-garam yang terdiri atas LiCl, $MgCl_2$, KI, NaCl, KCl, $BaCl_2$ dengan RH yang bervariasi, silika gel, vaselin, dan akuades.

2. Alat

Alat yang digunakan untuk pembuatan tepung jagung adalah *polisher*, *disc mill*, ayakan 120 mesh, *sealer*, timbangan, sendok, toples, saringan, tampian, serbet, plastik, dan kuas. Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan *crackers* yaitu *mixer*, wadah, termometer, *sheeting*, cetakan, oven pemanggang, loyang, kukusan, plastik dan timbangan. Alat-alat yang digunakan untuk analisis kimia, fisik, dan uji umur simpan yaitu tanur, oven, desikator, cawan porselen, cawan aluminium, pendingin balik, perangkat Soxhlet, perangkat Kjeldahl, kertas saring, penjepit, aluminium foil, buret, penangas air, *chromameter*, jangka sorong, *Brabender amylograph*, *texture analyzer*, a_w -meter, spektrofotometer, gelas ukur, erlenmeyer, pipet Mohr, pipet tetes, labu takar, gelas piala, desikator kecil, neraca analitik, higrometer, sudip, dan alat gelas lainnya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

B. METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri atas dua tahap yaitu, tahap penelitian pendahuluan dan tahap penelitian utama. Tahap pendahuluan meliputi pembuatan tepung jagung dan analisis karakternya, sedangkan tahap penelitian utama meliputi pembuatan produk *crackers* dari formulasi tepung jagung dan tepung ketan, kemudian pemilihan formula terbaik dengan pengujian sifat organoleptiknya, pengujian analisis produk terbaik secara fisik dan kimia, serta pengujian umur simpannya.

1. Tahap Penelitian Pendahuluan

a. Pembuatan Tepung Jagung

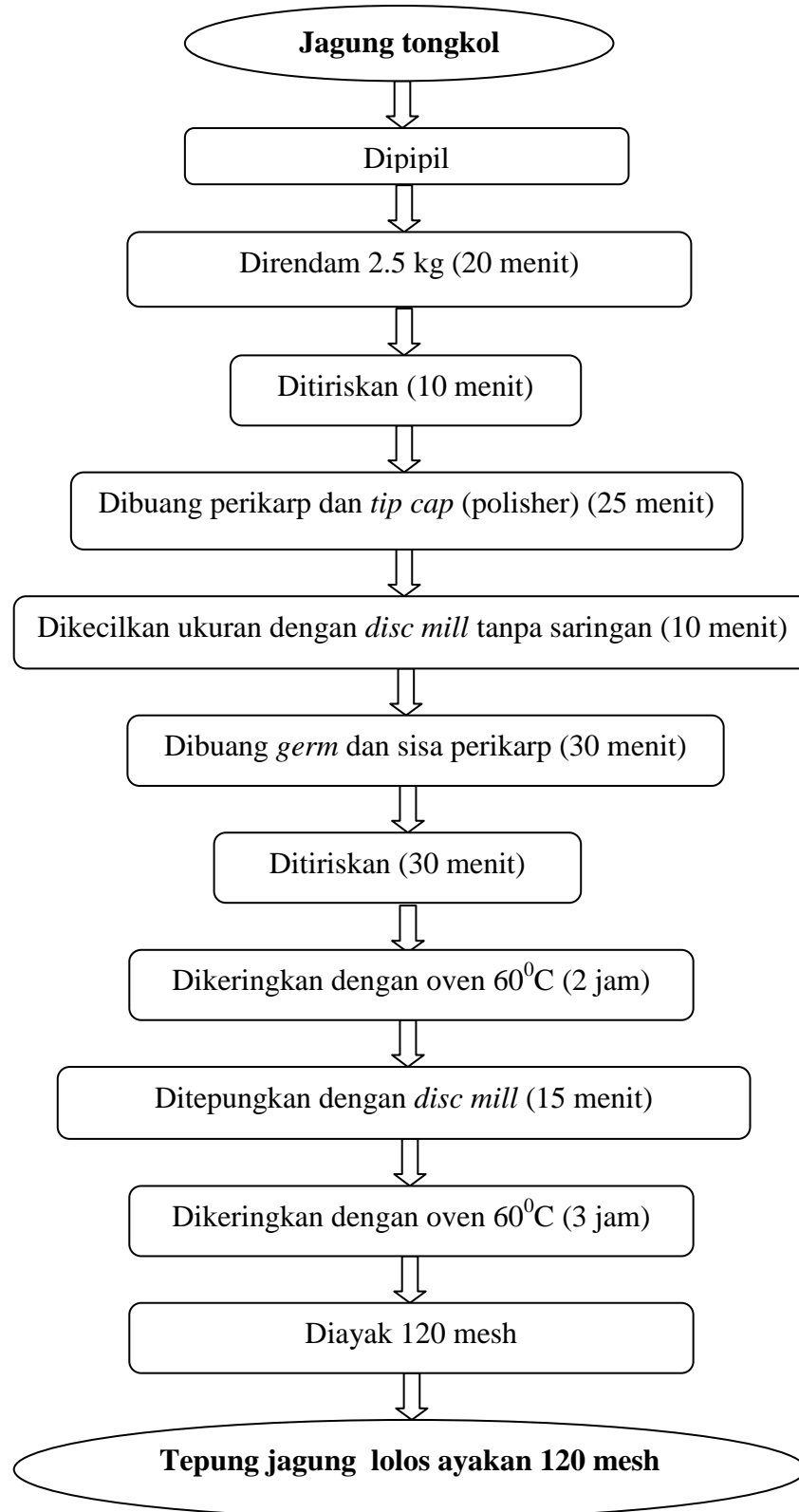
Spesifikasi bahan baku jagung yang akan dibuat tepung sesuai dengan SNI jagung pipil kering kualitas I (SNI 01-3920-1995). Pada pembuatan tepung jagung dilakukan tahapan proses yaitu pemipilan jagung, perendaman, penirisan, pembuangan kulit ari dan *tip cap* (*polisher*), pengecilan ukuran (*disc mill* tanpa saringan), pembuangan perikarp dan *germ* (pencucian), penirisan, pengeringan oven 60⁰C, penepungan (*disc mill* dengan saringan), pengeringan oven 60⁰C, dan pengayakan (120 mesh) sehingga dihasilkan tepung jagung yang lolos ayakan 120 mesh. Diagram alir proses pembuatan tepung jagung secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.

b. Karakterisasi Tepung Jagung

Analisis yang dilakukan pada tepung jagung meliputi analisis fisik dan komposisi kimianya. Analisis sifat fisik tepung jagung meliputi: rendemen, warna (Hunter), densitas kamba, dan amilograf. Analisis komposisi kimia tepung jagung meliputi: kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat, serat kasar, kadar pati, kadar amilosa, dan amilopektin.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 4 Diagram alir proses pembuatan tepung jagung.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2. Tahap Penelitian Utama

a. Pembuatan *Crackers*

Langkah yang dilakukan dalam pengembangan produk baru yaitu menyusun formulasi produk yang akan dikembangkan, yaitu meliputi bahan-bahan yang akan digunakan dan komposisi bahan-bahan tersebut. Dalam menyusun formulasi dibutuhkan penelusuran literatur untuk mengetahui bahan-bahan yang sesuai atau dapat digunakan pada saat formulasi. Pada umumnya, literatur menyediakan alternatif bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai bahan utama dan bahan tambahan. Dalam pemilihan bahan yang akan dipergunakan perlu dipertimbangkan mengenai khasiat dan kegunaan bahan, serta ketersediaan bahan dan harganya.

Formulasi yang dilakukan terutama pada bahan dasar yaitu tepung jagung dan tepung ketan. Terdapat 6 formula perbandingan komposisi adonan antara tepung jagung : tepung ketan, yaitu F1 = 50:50; F2 = 60:40; F3 = 70:30; F4 = 80:20; F5 = 90:10; dan F6 = 100:0 (% total tepung) seperti yang dapat dilihat pada Tabel 15. Bahan-bahan lain yang diperlukan dalam pembuatan *crackers* adalah gula, garam, air, *baking powder*, dan minyak. Formulasi bahan yang digunakan dalam pembuatan *crackers* ini adalah formula opak tepung ketan komersial (*glutinous rice crackers*) berdasarkan Putra (2005) yang telah dimodifikasi seperti tertera pada Tabel 16.

Tabel 15 Formulasi tepung untuk *crackers*

Formula	Perbandingan	
	Tepung jagung (%)	Tepung ketan (%)
1	50	50
2	60	40
3	70	30
4	80	20
5	90	10
6	100	0

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 16 Formula dasar pembuatan opak berdasarkan Putra (2005) dan formula yang dimodifikasi

Komponen	Jumlah	
	Formula berdasarkan Putra (2005)	Formula termodifikasi
Bahan dasar*	125 gram	50 gram
Gula	1.9 gram	0.7 gram
Garam	2.5 gram	1 gram
Air	100 ml	43 ml
<i>Baking powder</i>	1.9 gram	0.7 gram
Santan	50 ml	–
Minyak	–	9 ml

* Bahan dasar pada formula Putra (2005) adalah tepung ketan, sedangkan bahan dasar formula termodifikasi adalah tepung jagung dan tepung ketan sesuai perbandingan yang telah ditentukan.

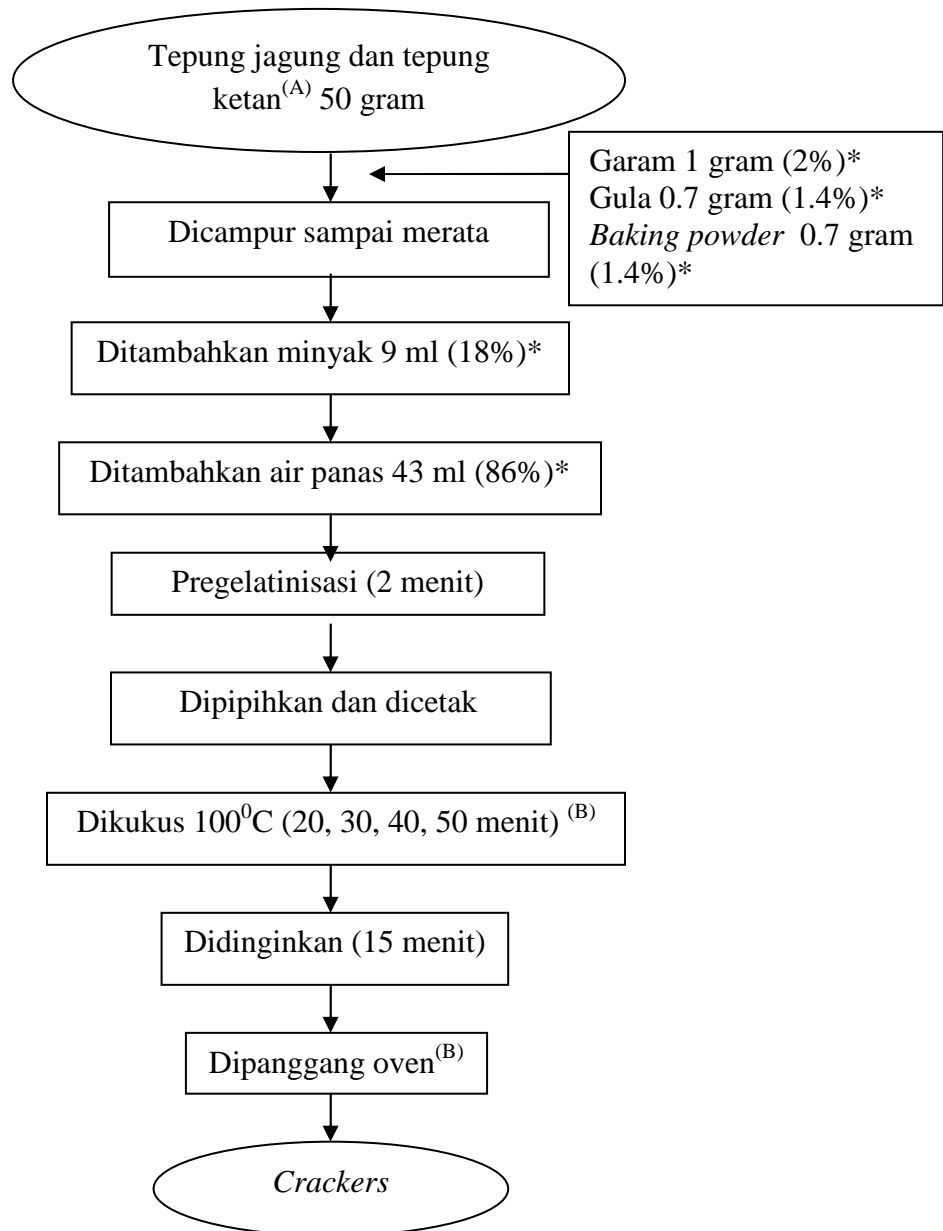
Pada komposisi *crackers* ini tidak digunakan santan yang dibuat dari kelapa parut dan air dengan perbandingan 2:1 seperti yang dilakukan dalam penelitian Putra (2005). Menurut Putra (2005), santan merupakan sumber *flavor* dari produk ini. *Flavor* yang didapatkan dari santan merupakan ciri khas produk opak tradisional. Pada penelitian ini, diasumsikan *flavor* yang digunakan dapat berasal dari penambahan *seasoning* seperti bumbu rasa *barbeque* atau rasa keju sehingga lebih menarik perhatian konsumen. Pembuatan *crackers* dilakukan tanpa penambahan *flavor* dengan tujuan untuk mengetahui penerimaan panelis terhadap rasio penggunaan tepung jagung dan tepung ketan dalam pembuatan *crackers* ini. Selain itu, pada komposisi bahan ditambahkan minyak nabati. Dalam penelitian ini digunakan minyak goreng yang mudah diperoleh. Lemak dan minyak digunakan untuk memperbaiki citarasa, struktur (melunakkan dan menghaluskan tekstur), dan keempukan (membuat struktur elastis) (Winarno 1992).

Penentuan kondisi (suhu dan waktu) proses pengukusan serta pemanggangan juga diperlukan agar hasil akhir produk sesuai dengan yang diharapkan. Pemilihan suhu serta waktu proses pada produk *crackers* dilakukan secara *trial and error*. Proses pengukusan mempengaruhi pengembangan dan penerimaan secara organoleptik produk akhir *crackers*. Dasar pemilihan waktu pengukusan yaitu sampai terjadi gelatinisasi sempurna pada adonan yang dilihat pada penampakan secara visual dimana sudah tidak

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

terdapat butir-butir tepung pada adonan yang telah dicetak. Pada proses pemanggangan, suhu dan waktu proses akan mempengaruhi warna, tekstur, pengembangan produk, dan penampakan sehingga pemilihan waktu dan suhu optimum didasarkan pada keempat atribut mutu tersebut. Diagram alir proses pembuatan *crackers* dapat dilihat pada Gambar 5.



Keterangan:

^(A): Perbandingan tepung jagung dan tepung ketan sesuai formulasi.

^(B): Penentuan proses berdasarkan hasil *trial* dan *error*.

(*): Persen dinyatakan per 50 gram tepung yang digunakan.

Gambar 5 Diagram alir proses pembuatan *crackers*.

Hasil dari proses formulasi dan penentuan kondisi proses pengukusan serta pemanggangan ini kemudian diuji organoleptik untuk menentukan formulasi terbaik yang dapat diterima konsumen. Metode pengujian yang dilakukan adalah uji organoleptik (hedonik) metode rating. Pengujian dilakukan terhadap 30 orang panelis semi terlatih terhadap parameter kerenyahan dan *overall*. Hasil dari tahap ini adalah satu formula *crackers* terbaik. Produk ini kemudian diuji secara organoleptik dengan produk *crackers* yang terbuat dari 100% tepung ketan untuk melihat daya terima konsumen terhadap masing-masing produk dan dilakukan perbandingan uji tekstur secara obyektif terhadap produk komersial *rice crackers*. Lalu, produk akan dianalisis lebih lanjut secara fisik (rasio pengembangan, warna Hunter, tekstur, dan a_w produk) dan kimia (proksimat, serat kasar, pati, amilosa, dan amilopektin) serta diuji penyimpanannya dengan menggunakan pendekatan kadar air kritis.

b. Pendugaan Umur Simpan dengan Pendekatan Kadar Air Kritis

Pendugaan umur simpan dilakukan terhadap produk *crackers* terpilih yang diperoleh dari uji organoleptik. Percobaan untuk menentukan umur simpan dilakukan berdasarkan pendekatan kadar air kritis dengan menggunakan kurva sorpsi isoteremis. Prinsip utama dari pendekatan ini adalah menentukan kadar air kesetimbangan (M_e) produk yang disimpan pada berbagai nilai RH. Hubungan data kadar air kesetimbangan produk dengan RH tempat penyimpanan produk akan dihasilkan kurva sorpsi isoteremis produk. Kurva ini akan digunakan untuk mengetahui pola penyerapan uap air produk dari lingkungan. Dengan mengetahui pola penyerapan uap air, umur simpan produk dapat ditentukan. Umur simpan berdasarkan pendekatan kurva sorpsi isoteremis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Labuza. Tahapan analisisnya adalah sebagai berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Penentuan atribut utama dan kerusakan produk
2. Penentuan kurva sorpsi isothermis
3. Penentuan kadar air kritis
4. Penentuan model persamaan sorpsi isothermis dan uji ketepatan model
5. Penentuan umur simpan produk

METODE ANALISIS

1. Analisis Fisik

a. Rendemen Tepung Jagung

Rendemen tepung jagung dapat dihitung berdasarkan perbandingan tepung jagung dengan bahan dasar mula-mula (sebelum diolah) yaitu berbentuk jagung pipil.

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Berat tepung jagung}}{\text{Berat jagung pipil}} \times 100\%$$

b. Warna metode Hunter (Floyd *et al.* 1995)

Sampel tepung dan *crackers* difoto dengan menggunakan alat *chromameter* CR-200. *Chromameter* pertama kali dikalibrasi sebelum dilakukan pengukuran pada sampel. Pengukuran dilakukan dengan tiga kali tembakan pada tiap sampel. Hasil pengukuran dengan alat *chromameter* adalah nilai L, a, dan b yang terbaca pada layar.

- L = nilai yang menunjukkan kecerahan berkisar antara 0-100
- a = merupakan warna campuran merah-hijau
a positif (+) antara 0-100 untuk warna merah
a negatif (-) antara 0-(-80) untuk warna hijau
- b = merupakan warna campuran biru-kuning
b positif (+) antara 0-70 untuk warna kuning
b negatif (-) antara 0-(-80) untuk warna biru

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Selain itu juga diperoleh data $^{\circ}\text{Hue}$ untuk menunjukkan warna yang terlihat. Nilai Hue dikelompokkan sebagai berikut:

$^{\circ}\text{Hue}$ 342 – 18 : <i>Red Purple</i>	$^{\circ}\text{Hue}$ 162 – 198 : <i>Green</i>
$^{\circ}\text{Hue}$ 18 – 54 : <i>Red</i>	$^{\circ}\text{Hue}$ 306 – 342 : <i>Purple</i>
$^{\circ}\text{Hue}$ 54 – 90 : <i>Yellow Red</i>	$^{\circ}\text{Hue}$ 270 – 306 : <i>Blue Purple</i>
$^{\circ}\text{Hue}$ 90 – 126 : <i>Yellow</i>	$^{\circ}\text{Hue}$ 198 – 234 : <i>Blue Green</i>
$^{\circ}\text{Hue}$ 126 – 162 : <i>Yellow Green</i>	$^{\circ}\text{Hue}$ 234 – 270 : <i>Blue</i>

c. Sifat Amilografi Tepung Jagung

Sampel sebanyak 45 g dimasukkan ke dalam botol gelas yang volumenya 500 ml air ditambah dengan 400 ml air akuades, diaduk selama 5 menit dengan pengaduk, kemudian dipindahkan ke mangkuk amilograf yang sebelumnya telah dipasang pada alat. Botol gelas dan pengaduk dicuci dengan 50 ml akuades, lalu air bilasan dituangkan ke mangkuk amilograf.

Suhu awal diatur dengan *termoregulator* pada suhu 30°C kemudian diatur pengatur suhu berada di bawah posisi 97°C dan mesin amilograf dinyalakan sehingga mangkuk amilograf berputar serta dipanaskan dengan menggunakan air. Kemudian pasang pena pencatat pada skala kertas amilogram. Perubahan viskositas pasta dicatat secara otomatis pada kertas grafik dalam satuan *Brabender Unit* (BU).

Grafik (amilogram) yang diperoleh dapat diinterpretasikan menggunakan perhitungan dengan rumus:

Suhu awal gelatinisasi = suhu pada saat kurva mulai menaik

Suhu puncak gelatinisasi = suhu pada puncak maksimum viskositas yang dicapai

Suhu ditentukan berdasarkan perhitungan berikut =

$$\{\text{suhu awal} + (\text{waktu dalam menit} \times 1.5)\} ^{\circ}\text{C}.$$

Viskositas maksimum = pada puncak gelatinisasi dinyatakan dalam *Brabender Unit* (BU).

Breakdown viscosity = viskositas maksimum – viskositas pada 95°C setelah 20 menit

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Setback viscosity = viskositas pada suhu 50⁰C setelah 20 menit – viskositas pada suhu 95⁰C setelah 20 menit

d. Densitas Kamba Tepung Jagung

Gelas ukur 50 ml ditimbang, kemudian sampel dimasukkan ke dalamnya sampai volumenya mencapai 50 ml. Pengisian diusahakan tepat tanda tera dan tidak dipadatkan. Gelas ukur yang telah berisi sampel ini kemudian ditimbang dan selisih berat sampel menyatakan berat sampel per 50 ml. Densitas kamba sampel dinyatakan dalam g/ml atau g/cm³.

$$\text{Densitas kamba (g/ml)} = \frac{(a-b)g}{50 \text{ ml}}$$

Keterangan: a = berat gelas ukur berisi sampel 50 ml (g)

b = berat gelas ukur kosong (g)

e. Rasio Pengembangan Crackers (Faridi 1993 didalam Yusfik 1998)

Rasio pengembangan diperoleh dengan mengukur ketebalan dan lebar *crackers* sebelum dan sesudah pemanggangan menggunakan jangka sorong.

$$\text{Rasio} = \frac{a \times b}{a' \times b'}$$

Keterangan :

a = ketebalan sebelum pengembangan

b = lebar sebelum pemanggangan

a' = ketebalan sesudah pemanggangan

b' = lebar sesudah pemanggangan

f. Kerenyahan dan Kekerasan Crackers (Faridah et al. 2008)

Pengukuran kekerasan *crackers* dilakukan dengan menggunakan *texture analyzer XT-2i* yang dinyatakan dalam satuan gf (*gram force*). Pengukuran kekerasan berhubungan dengan kerenyahan *crackers*, yaitu mudah tidaknya *crackers* menjadi remuk. Probe yang

digunakan adalah probe bola (*spherical*). Jarak probe dikalibrasi sesuai dengan tinggi *crackers*. *Crackers* yang akan diukur kerenyahan dan kekerasannya diletakkan di bawah probe, lalu tekan *Quick Run Test*. Setelah pengukuran selesai, nilai kerenyahan dan kekerasan *crackers* dapat dilihat pada layar komputer. Spesifikasi *probe* dan *setting* dapat dilihat pada Tabel 17, sedangkan alat *texture analyzer* serta *probe* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6. Profil perbedaan kerenyahan dan kekerasan pada sampel secara umum dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 17 Spesifikasi *probe* dan *setting* untuk produk *crackers*

PRODUCT	CRACKERS
TA - XT2	
Mode	Measure Force in Compression
Option	Return to Start
Pre- test Speed	2.0 mm/s
Test Speed	1.0 mm/s
Post - test Speed	10.0 mm/s
Distance	5 mm
Force	100 g
Time	5.00 s
Trigger type	Auto - 5 g
Calibration probe	35.0 mm
Probe	Spherical Stainless Probe (P/0.25S)

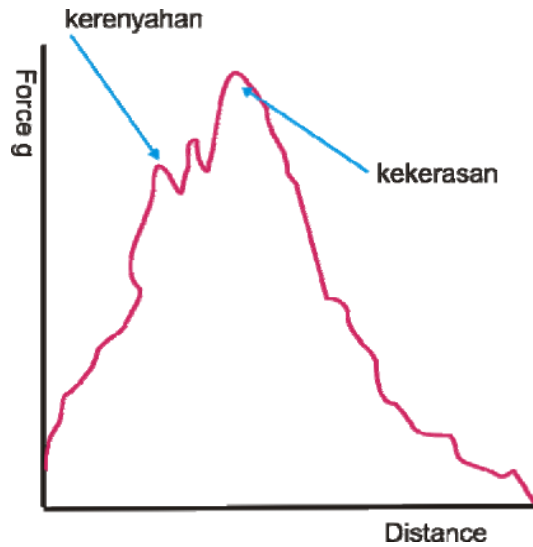


Gambar 6 *Texture analyzer* (kiri) dan *spherical probe* (kanan).

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 7 Profil kerenyahan dan kekerasan *texture analyzer*.

g. Pengukuran Aktivitas Air (a_w)

Aktivitas air akan menentukan tekanan di dalam kemasan. Aktivitas air dari produk dilakukan dengan menggunakan *a_w-meter* yang telah dikalibrasi dengan garam NaCl dengan nilai kelembabannya (RH) adalah 75%. Produk dimasukkan ke dalam *chamber* pada *a_w-meter* dan ditutup rapat. Pembacaan dilakukan saat angka penunjuk pada *a_w-meter* tidak berubah. Hal ini ditunjukkan dengan indikator pada *a_w-meter* yaitu tertulis *completed test*.

2. Analisis Kimia

a. Kadar Air Metode Oven (SNI 01-2891-1992)

Cawan aluminium kosong dikeringkan dalam oven suhu 105⁰C selama 15 menit lalu didinginkan dalam desikator selama 10 menit atau sampai tidak panas lagi. Cawan ditimbang dan dicatat beratnya. Lalu ditimbang sampel sebanyak 1-2 g di dalam cawan tersebut. Dikeringkan sampel dalam oven pada suhu 105⁰C selama 3 jam. Selanjutnya, cawan berisi sampel didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang sampai diperoleh bobot konstan. Dihitung kadar air dengan persamaan berikut :



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

$$\text{Kadar air (\% b/b)} = \frac{W_3}{W_1} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air (\% b/k)} = \frac{W_3}{W_2} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = berat sampel (g)

W2 = berat sampel setelah dikeringkan (g)

W3 = kehilangan berat (g)

b. Kadar Abu Metode Oven (AOAC 1995)

Cawan porselen dikeringkan dalam tanur selama 15 menit kemudian didinginkan di dalam desikator dan ditimbang. Kemudian sampel sebanyak 3-5 g ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan porselen. Selanjutnya sampel dipijarkan di atas nyala pembakar bunsen sampai tidak berasap lagi, kemudian dilakukan pengabuan di dalam tanur listrik pada suhu 550⁰C hingga diperoleh abu berwarna putih dan beratnya tetap. Sampel kemudian didinginkan di dalam desikator dan ditimbang.

Perhitungan :

$$\text{Kadar abu (\% b/b)} = \frac{c - (a - b)}{c} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu (\% b/k)} = \frac{\text{Kadar abu (bb)}}{(100 - \text{Kadar air (bb)})} \times 100\%$$

Keterangan :

a = berat cawan dan sampel akhir (g)

b = berat cawan (g)

c = berat sampel awal (g)

c. Kadar Protein Metode Mikro Kjeldahl (AOAC 1995)

Sampel sebanyak 0.1-0.2 g dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl 30 ml, lalu ditambahkan 0.9 g K₂SO₄, 40 mg HgO, dan 2.5 ml H₂SO₄ pekat. Setelah itu, sampel didestruksi dengan dididihkan selama 1-1.5 jam sampai cairan berwarna jernih dan dibiarkan sampai dingin. Larutan kemudian dimasukkan ke dalam alat destilasi, dibilas dengan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

akuades, dan ditambahkan 10 ml larutan NaOH-Na₂S₂O₃. Gas NH₃ yang dihasilkan dari reaksi dalam alat destilasi ditangkap oleh 5 ml H₃BO₃ dalam erlenmeyer yang telah ditambahkan 3 tetes indikator (campuran 2 bagian metil merah 0.2% dalam alkohol dan 1 bagian metilen biru 0.2% dalam alkohol). Kondesat kemudian dititrasi dengan HCl 0.02 N yang sudah distandarisasi hingga terjadi perubahan warna kondensat menjadi abu-abu. Penetapan blanko dilakukan dengan menggunakan metode yang sama seperti pada penetapan sampel. Kadar protein dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{Kadar N(\%)} = \frac{(\text{HCl sampel} - \text{HCl blanko}) \text{ ml} \times \text{N HCl} \times 14.007}{\text{mg sampel}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar protein (\% b/b)} = \% \text{ Nitrogen} \times \text{Faktor Konversi (FK)}$$

$$\text{FK} = 6.25 \text{ untuk tepung jagung dan } \textit{crackers}.$$

$$\text{Kadar protein (\% b/k)} = \frac{\text{Kadar protein (bb)}}{(100 - \text{Kadar air (bb)})} \times 100\%$$

d. Kadar Lemak Metode Soxhlet (AOAC 1995)

Labu lemak yang telah bebas lemak dikeringkan di dalam oven kemudian ditimbang setelah dingin. Sampel sebanyak 5 g dibungkus dalam kertas saring kemudian ditutup kapas yang bebas lemak. Sampel dimasukkan ke dalam alat ekstraksi Soxhlet, kemudian pasang kondensor dan labu pada ujung-ujungnya. Pelarut heksana dimasukkan ke dalam alat lalu sampel direfluks selama 5 jam (minimum). Setelah itu pelarut didestilasi dan ditampung pada wadah lain. Labu lemak yang berisi lemak dikeringkan di dalam oven pada suhu 100⁰C sampai diperoleh berat tetap. Kemudian labu lemak dipindahkan ke desikator, lalu didinginkan dan ditimbang.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Perhitungan :

$$\text{Kadar lemak (\% b/b)} = \frac{a-b}{c} \times 100\%$$

$$\text{Kadar lemak (\% b/k)} = \frac{\text{Kadar lemak (bb)}}{(100 - \text{Kadar air (bb)})} \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat labu dan sampel akhir (g)

b = berat labu kosong (g)

c = berat sampel awal (g)

e. Kadar Karbohidrat *by Difference* (AOAC 1995)

Pengukuran kadar karbohidrat menggunakan metode *by difference* yaitu dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar karbohidrat (\% b/b)} = 100\% - (A + B + P + L)$$

Keterangan:

A = kadar air (%)

B = kadar abu (% b/b)

P = kadar protein (% b/b)

L = kadar lemak (% b/b)

f. Kadar Serat Kasar (Faridah *et al.* 2008)

Hasil ekstraksi Soxhlet ditimbang sebanyak 1 gram. Setelah itu, contoh yang sudah bebas lemak dipindahkan secara kuantitatif ke dalam erlenmeyer 600 ml. Ditambahkan ke dalam erlenmeyer 100 ml larutan H₂SO₄ mendidih. Erlenmeyer kemudian diletakkan di dalam pendingin balik (wadah harus dalam keadaan tertutup). Lalu, contoh dididihkan di dalam erlenmeyer selama 30 menit dengan sesekali digoyang-goyangkan. Setelah selesai, suspensi disaring dengan kertas saring. Residu yang tertinggal dicuci dengan air mendidih. Pencucian dilakukan hingga air cucian tidak bersifat asam lagi (diuji dengan kertas lakmus). Lalu, residu dipindahkan secara kuantitatif dari kertas saring ke dalam erlenmeyer kembali (bisa digunakan spatula). Sisa residu dicuci kembali di kertas saring dengan 100 ml larutan NaOH

mendidih sampai semua residu masuk ke dalam erlenmeyer. Contoh kemudian dididihkan kembali selama 30 menit dengan pendingin balik sambil sesekali digoyang-goyangkan. Contoh disaring kembali melalui kertas saring yang diketahui beratnya sambil dicuci dengan K_2SO_4 10%. Residu dicuci di kertas saring dengan air mendidih, kemudian dengan alkohol 95%. Setelah itu, kertas saring dikeringkan dalam oven $110^{\circ}C$ sampai berat konstan (1-2 jam). Setelah didinginkan dalam desikator, contoh ditimbang. Berat residu serat kasar diperoleh dengan menghitung selisih antara berat contoh dan kertas saring dengan berat kertas saring. Kadar serat kasar per 100 gram berat contoh yang dianalisis dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar serat kasar (\% b/b)} = \frac{W_2 - W_1}{W} \times 100\%$$

$$\text{Kadar serat kasar (\% b/k)} = \frac{\text{Kadar serat kasar (bb)}}{(100 - \text{Kadar air (bb)})} \times 100\%$$

Keterangan :

W_2 = berat residu dan kertas saring yang telah dikeringkan (g)

W_1 = berat kertas saring (g)

W = berat contoh yang dianalisis (g)

g. Kadar Pati Metode *Luff Schoorl* (Sudarmadji *et al.* 1997)

- **Pembuatan larutan *Luff Schoorl***

Sebanyak 25 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, dilarutkan dalam 100 ml air, 50 gram asam sitrat dilarutkan dalam 50 ml air dan 388 gram soda murni ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) dilarutkan dalam 300-400 ml air mendidih. Larutan asam sitrat dituangkan dalam larutan soda sambil digojog hati-hati. Selanjutnya, ditambahkan larutan $CuSO_4$. Setelah dingin ditambahkan air sampai 1 liter. Bila terjadi kekeruhan, didiamkan kemudian disaring.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- **Penentuan pati**

Ditimbang 2 gram contoh yang berupa bahan padat yang telah dihaluskan dalam erlenmeyer. Dilakukan pencucian dengan 200 ml akuades dan ditambahkan 20 ml HCl \pm 25% (berat jenis 1.125), lalu ditutup dengan pendingin balik dan dipanaskan di atas penangas air mendidih selama 2.5 jam. Setelah dingin, dinetralkan dengan larutan NaOH 45% dan diencerkan sampai volume 500 ml, kemudian disaring (filtrat).

- **Penentuan gula reduksi**

Sebanyak 25 ml filtrat dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambah dengan 25 ml larutan *Luff Schoorl* dan 25 ml akuades dan dibuat pula percobaan blanko yaitu 25 ml larutan *Luff Schoorl* ditambah dengan akuades 25 ml. Erlenmeyer kemudian dihubungkan dengan pendingin balik dan dididihkan. Pendidihan larutan dipertahankan selama 10 menit.

Larutan kemudian didinginkan dengan cepat. Setelah dingin, ditambahkan 15 ml KI 20% dan dengan hati-hati ditambahkan 25 ml H₂SO₄ 26.5%. Yodium yang dibebaskan dititrasi dengan larutan Na-thiosulfat 0.1 N memakai indikator pati sebanyak 2-3 ml. Untuk memperjelas perubahan warna pada akhir titrasi, pati ditambahkan pada saat titrasi hampir berakhir.

- **Perhitungan kadar pati**

Dengan mengetahui selisih antara titrasi blanko dan titrasi contoh, kadar gula reduksi dalam bahan dapat dicari dengan menggunakan Tabel 18 sehingga didapat mg C₆H₁₂O₆. Setelah itu, berat glukosa dikalikan 0.9 merupakan berat pati.

Tabel 18 Penentuan glukosa, fruktosa, dan gula invert dalam suatu bahan pangan dengan metode *Luff Schoorl*

ml 0.1 N Na-thiosulfat	Glukosa, fruktosa, gula invert mg C ₆ H ₁₂ O ₆	
		Δ
1	2.4	2.4
2	4.8	2.4
3	7.2	2.5
4	9.7	2.5
5	12.2	2.5
6	14.7	2.5
7	17.2	2.6
8	19.8	2.6
9	22.4	2.6
10	25.0	2.6
11	27.6	2.7
12	30.3	2.7

h. Kadar Amilosa (Apriyanto *et al.* 1989)

- **Pembuatan kurva standar amilosa**

Sebanyak 40 mg amilosa murni dimasukkan ke dalam labu takar, ditambahkan 1 ml etanol 95 % dan 9 ml larutan NaOH 1 N ke dalam labu. Tahap selanjutnya adalah pemanasan dalam air mendidih selama 10 menit sampai terbentuk gel. Setelah didinginkan, larutan gel pati ditambahkan air akuades sampai tanda tera sebagai larutan stok standar.

Dari larutan stok dipipet 1, 2, 3, 4, dan 5 ml dan dipindahkan masing-masing ke dalam labu takar 100 ml. Ke dalam masing-masing labu takar tersebut kemudian ditambahkan 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, dan 1.0 ml larutan asetat 1 N. Ditambahkan 2 ml larutan iod (0.2 g I₂ dan 2 g KI dilarutkan dalam 100 ml air akuades) ke dalam setiap labu, lalu ditera dengan air akuades. Larutan dibiarkan selama 20 menit, lalu diukur absorbansinya dengan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm. Kurva standar merupakan hubungan antara kadar amilosa dan absorbansi.

- **Penetapan sampel**

Sebanyak 100 mg sampel dalam bentuk tepung dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml. Kemudian ditambahkan etanol 95 % dan 9 ml larutan NaOH 1 N ke dalam labu takar. Labu takar kemudian dipanaskan dalam penangas air pada suhu 95 °C selama 10 menit. Setelah didinginkan, larutan gel pati ditambahkan air akuades sampai tanda tera dan dihomogenkan. Dipipet 5 ml larutan gel pati dipindahkan dalam labu takar 100 ml. Ke dalam labu takar tersebut, kemudian ditambahkan 1 ml larutan asam asetat 1 N dan 2 ml larutan iod, lalu ditera dengan air akuades. Larutan dibiarkan selama 20 menit, lalu diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm. Kadar amilosa ditentukan berdasarkan persamaan kurva standar yang diperoleh.

$$\text{Kadar amilosa (\% b/b)} = \frac{a \times fp \times v}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

a = konsentrasi amilosa dari kurva standar (mg/ml)

fp = faktor pengenceran

b = berat sampel (mg)

v = volume mula-mula (ml)

- i. **Nilai Energi (Almatsier 2002)**

Penentuan nilai energi makanan melalui perhitungan dapat dilakukan menurut komposisi karbohidrat (setelah dikoreksi dengan kadar serat), protein, dan lemak makanan tersebut. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Energi} = (4 \text{ kkal/g} \times (\text{kadar karbohidrat-kadar serat kasar})) + (4 \text{ kkal/g} \times \text{kadar protein}) + (9 \text{ kkal/g} \times \text{kadar lemak})$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

3. Analisis Umur Simpan

a. Penentuan Atribut Utama dan Kerusakan Produk

Penentuan atribut utama produk dilakukan melalui pengisian kuisioner terhadap 30 orang konsumen. Responden diminta untuk mengurutkan empat buah atribut mutu yang telah ditentukan dengan menggunakan uji ranking. Keempat atribut tersebut adalah warna, aroma, rasa, kerenyahan (tekstur), dan penampakan. Atribut yang memiliki nilai yang paling kecil merupakan atribut paling utama. Selain itu, atribut utama kerusakan produk juga dilakukan dengan mengisi kuisioner. Panelis diminta memilih atribut yang paling penting dalam menentukan kerusakan produk. Contoh kuisioner dapat dilihat pada Lampiran 1.

b. Penentuan Kurva Sorpsi Isotermis

Pertama dilakukan preparasi larutan garam jenuh. Sejumlah garam ditimbang dan dimasukkan ke dalam desikator. Selanjutnya, sambil diaduk ditambahkan sejumlah air sampai jenuh dan berlebih untuk menjaga kejenuhan larutan sehingga kelembaban relatif yang dihasilkan tetap dan tidak mempengaruhi proses sorpsi. Desikator kemudian ditutup dan dibiarkan selama 24 jam pada kondisi suhu 30⁰C. Daftar garam dan air yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19 Daftar garam dan air untuk preparasi larutan garam jenuh

Jenis garam	Nama senyawa	RH (%) [*]	Kuantitas	
			Garam (g)	Air (ml)
LiCl	Lithium chloride	11	60	30
MgCl ₂	Magnesium chloride	32	60	8
KI	Potassium iodide	69	60	15
NaCl	Natrium chloride	75	60	25
KCl	Potassium chloride	84	60	25
BaCl ₂	Barium chloride	90	60	20

^{*}Sumber: Spiess dan Wolf (1987)

Selanjutnya, sebanyak kurang lebih 1–2 gram produk diletakkan pada cawan aluminium kosong yang telah diketahui beratnya. Cawan yang berisi sampel tersebut lalu diletakkan dalam desikator yang berisi larutan garam jenuh. Desikator kemudian disimpan dalam ruang yang inkubator dengan suhu 30⁰C. Sampel dalam cawan kemudian ditimbang bobotnya secara periodik setiap hari sampai diperoleh bobot yang konstan yang artinya kadar air kesetimbangan telah tercapai. Berat yang konstan ini ditandai oleh selisih antara tiga penimbangan berturut-turut tidak lebih dari 2 mg/g untuk sampel yang disimpan pada RH di bawah 90% dan tidak lebih dari 10 mg/g untuk sampel yang disimpan pada RH di atas 90% (Lievonen dan Ross 2002, diacu dalam Adawiyah 2006). Sampel yang telah mencapai berat konstan lalu diukur kadar airnya dengan metode oven (SNI 01-2891-1992) dan dinyatakan dalam basis kering. Hal ini dilakukan untuk memperoleh data kadar air kesetimbangan yang akan diplotkan dengan nilai aktivitas air (a_w) sehingga dapat menentukan kurva isothermis sorpsi air produk. Desikator yang berisi berbagai larutan garam jenuh dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Desikator berisi berbagai larutan garam jenuh untuk kadar air kesetimbangan.

c. Penentuan Kadar Air Kritis

Penentuan kadar air kritis diawali dengan menyimpan produk di suhu ruang selama 5 hari. Setiap hari dilakukan pengambilan sampel

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dan dianalisis kadar air, nilai kerenyahan, dan uji organoleptik kerenyahannya. Uji organoleptik ini meliputi uji rating hedonik dan rating tekstur. Uji organoleptik hedonik difokuskan pada nilai kesukaan panelis terhadap kerenyahan produk dengan skala kesukaan 1-7, dimana satu merupakan skala sangat tidak suka dan tujuh adalah skala sangat suka. Uji rating tekstur difokuskan pada tingkat kerenyahan tekstur dengan skala satu adalah sangat tidak renyah dan tujuh adalah sangat renyah. Contoh form uji organoleptik umur simpan dapat dilihat pada Lampiran 2. Sampel diujikan kepada 30 orang panelis semi terlatih. Kadar air diukur berdasarkan SNI 01-2891-1992, sedangkan nilai kerenyahan diukur dengan menggunakan alat *texture analyzer*, menggunakan *spherical stainless probe* (P/0.25S). Hasil pengukuran diperoleh dalam bentuk grafik yang langsung dapat dibaca oleh komputer hingga menghasilkan suatu nilai yang merupakan nilai kerenyahan dari produk.

Hasil uji organoleptik dibandingkan dengan hasil uji kimia (kadar air) dan uji fisik (tekstur) sehingga didapatkan kurva hubungan antara kadar air produk selama penyimpanan dengan skor hedonik dan skor rating tekstur. Produk yang telah ditolak oleh panelis secara organoleptik (skor 3) ditetapkan telah mencapai kadar air kritisnya.

d. Penentuan Model Persamaan Sorpsi Isotermis dan Uji Ketepatan Model

Penentuan model persamaan kurva sorpsi isotermis dari kadar air kesetimbangan perlu dilakukan untuk mendapatkan gambaran kecenderungan hubungan antara aktivitas air dan kadar air kesetimbangan yang lebih *reliable*. Model-model persamaan matematis telah banyak dikembangkan untuk menjelaskan fenomena sorpsi isotermik secara teoritis. Pada penelitian ini, persamaan-persamaan yang dipilih adalah persamaan-persamaan sederhana yang mempunyai parameter tidak lebih dari tiga serta dapat diaplikasikan pada bahan pangan, yaitu dapat digunakan pada jangkauan kelembaban relatif yang lebar (0-95%) sehingga dapat mewakili ketiga

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

daerah sorpsi isotermis. Digunakan lima model persamaan, yaitu persamaan Hasley, Chen Clayton, Henderson, Caurie, dan Oswin. Model-model tersebut akan ditentukan ketepatannya dengan model hasil percobaan.

Persamaan non linier (Hasley, Chen Clayton, Henderson, Caurie, dan Oswin) yang digunakan diubah ke dalam bentuk persamaan linear, sehingga dapat ditentukan nilai-nilai konstanta dalam persamaannya dengan metode kuadrat terkecil (Fitria 2007). Modifikasi model-model sorpsi isotermis dari persamaan non linier menjadi persamaan linier dapat dilihat sebagai berikut:

- **Persamaan Hasley** (untuk bahan makanan dengan a_w 0.1-0.81)

$$a_w = \exp \left[\frac{-P(1)}{(Me)^{P(2)}} \right] \quad (\text{Tsami } et al. 1999)$$

Persamaan diubah menjadi bentuk persamaan garis lurus dengan bentuk umum: $y = a + bx$

$$\log [\ln(1/a_w)] = \log P(1) - P(2) \log Me \quad (\text{Rahayu } et al. 2005)$$

dimana: $P = \text{konstanta}$ $Me = \text{Ka Kesetimbangan}$

$$y = \log [\ln(1/a_w)] \quad x = \log Me$$

$$a = \log P(1) \quad b = -P(2)$$

- **Persamaan Chen Clayton** (untuk bahan makanan pada semua nilai a_w)

$$a_w = \exp \left[\frac{-P(1)}{\exp(P(2)Me)} \right] \quad (\text{Rao dan Rizvi 1995})$$

Persamaan diubah menjadi bentuk persamaan garis lurus dengan bentuk umum: $y = a + bx$

$$\ln [\ln(1/a_w)] = \ln P(1) - P(2) Me \quad (\text{Rahayu } et al. 2005)$$

dimana: $P = \text{konstanta}$ $Me = \text{Ka Kesetimbangan}$

$$y = \ln [\ln(1/a_w)] \quad x = Me$$

$$a = \ln P(1) \quad b = -P(2)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memunculkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dengan membandingkan kadar air percobaan dengan kadar air perhitungan model melalui perhitungan nilai *Mean Relative Determination* (MRD) (Rahayu *et al.* 2005). Rumus MRD adalah sebagai berikut :

$$MRD = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{M_i - M_{pi}}{M_i} \right| \dots\dots\dots \text{Pers 2}$$

dimana: M_i = kadar air percobaan
 M_{pi} = kadar air hasil perhitungan
 n = jumlah data

Jika nilai $MRD < 5$ maka model sorpsi isotermis tersebut dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya atau sangat tepat. Jika $5 < MRD < 10$ maka model tersebut agak tepat menggambarkan keadaan yang sebenarnya, dan jika $MRD > 10$ maka model tersebut tidak tepat menggambarkan kondisi yang sebenarnya. Dari persamaan yang paling tepat, ditentukan nilai b (kemiringan kurva sorpsi isotermis yang diasumsikan linier antara M_i dan M_c) untuk dimasukkan dalam rumus umur simpan Labuza.

e. Penentuan Umur Simpan

Dalam perhitungan umur simpan, ditentukan variabel pendukung umur simpan untuk melengkapi persamaan penentuan umur simpan. Variabel tersebut adalah permeabilitas kemasan, berat solid per kemasan dan luas kemasan, serta tekanan uap jenuh.

Luas kemasan primer yang digunakan dihitung dengan mengalikan panjang dengan lebar kemasan dan dinyatakan dalam m^2 . Berat solid per kemasan merupakan berat awal produk yang telah dikoreksi dengan kadar air awalnya dan dinyatakan sebagai berat solid per kemasan (W_s). Umur simpan produk kemudian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Labuza.

$$t_s = \frac{\ln \left[\frac{(M_e - M_o)}{(M_e - M_c)} \right]}{\left(\frac{k}{x} \right) \times \left(\frac{A}{W_s} \right) \times \left(\frac{P_o}{b} \right)} \dots\dots\dots \text{Pers 3}$$



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dimana:

- t_s = waktu yang diperlukan produk dalam kemasan untuk bergerak dari kadar air awal menuju kadar air kritis (hari = 24 jam)
- M_e = kadar air keseimbangan produk (g H₂O/g bk)
- M_o = kadar air awal produk (g H₂O/g bk)
- M_c = kadar air kritis (g H₂O/g bk)
- b = kemiringan (slope) kurva sorpsi isoteremis
- k/x = konstanta permeabilitas uap air kemasan (g/m².hari.mmHg)
- A = luas permukaan kemasan (m²)
- W_s = berat kering produk dalam kemasan (g)
- P_o = tekanan uap jenuh (mmHg)

Uji Organoleptik (Soekarto 1985)

Uji organoleptik yang digunakan adalah uji rating hedonik. Uji ini dilakukan pada tahap penentuan formulasi terbaik dan daya terima antara produk *crackers* terpilih dengan *crackers* yang terbuat dari 100% tepung ketan. Sampel diujikan kepada 30 orang panelis semi terlatih. Pada tahap penentuan formulasi terbaik, panelis diminta tanggapannya tentang kesukaan atau ketidaksukaannya dalam menilai atribut tekstur dan *overall* masing-masing contoh formulasi *crackers* tanpa membandingkan antar sampel. Skor penilaian yang digunakan dalam uji hedonik ada 5 tingkat, yaitu: 5 = sangat suka, 4 = suka, 3 = netral, 2 = tidak suka, dan 1 = sangat tidak suka. Lembar penilaian yang digunakan pada uji hedonik dapat dilihat pada Lampiran 3. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap tingkat kesukaan panelis maka dilakukan analisis sidik ragam terhadap data hasil uji organoleptik. Analisis dari hasil uji ini diolah dengan menggunakan program SPSS 13.0. Jika berdasarkan analisis sidik ragam (ANOVA) dinyatakan terdapat signifikansi perlakuan maka akan dilanjutkan dengan uji Duncan, sedangkan pengolahan data uji kesukaan antara produk *crackers* terpilih dengan *crackers* yang terbuat dari 100% tepung ketan dilakukan dengan analisis statistik t-Test terhadap hasil uji organoleptik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENELITIAN PENDAHULUAN

Pada penelitian pendahuluan dilakukan pembuatan tepung jagung dan analisis karakternya. Analisis yang dilakukan yaitu analisis secara fisik dan kimia. Analisis fisik meliputi rendemen, warna (Hunter), densitas kamba, dan amilograf, sedangkan analisis kimia meliputi analisis proksimat, serat kasar, kadar pati, kadar amilosa dan amilopektin.

a. Pembuatan Tepung Jagung

Pembuatan tepung jagung dilakukan di laboratorium Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (Puspiptek) kawasan Serpong. Gambar 9 menunjukkan jagung yang telah disosoh dalam proses pembuatan tepung jagung. Penepungan jagung yang dilakukan pada penelitian ini adalah penepungan jagung dengan proses penggilingan kering (*dry milling*). Proses ini dipilih karena prosesnya yang lebih mudah dilakukan dan lebih efisien dari segi waktu dibandingkan dengan penggilingan basah ataupun pemasakan secara alkali.



Gambar 9 Jagung sosoh.

Dalam penelitian ini, proses pembuatan tepung jagung dengan penggilingan kering terdiri dari beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu proses pemipilan jagung. Pemipilan dilakukan secara manual yaitu dengan menggunakan sendok. Pemipilan diawali dengan memipil dua deret jagung secara vertikal dari atas ke bawah, kemudian deretan lainnya dipipil secara horizontal. Hal ini dilakukan untuk mempermudah

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

pemipilan. Berat seluruh jagung tongkol yang dipipil sebesar 65.2 kg, sedangkan jagung pipil yang dihasilkan sebesar 51.4 kg sehingga diperoleh rendemen jagung pipil dari jagung tongkol yaitu sebesar 78.8%. Tongkol jagung yang dihasilkan dari proses ini memiliki rendemen sebesar 17.7% terhadap jagung tongkolnya. Hasil pemipilan jagung dapat dilihat pada Tabel 20.

Tabel 20 Hasil pemipilan jagung tongkol

Berat (kg)	Batch					
	1	2	3	4	5	Rataan
Jagung tongkol	13.20	13.00	13.00	13.00	13.00	13.04
Jagung pipil	10.25	10.00	10.25	10.30	10.60	10.28
Tongkol jagung	2.40	2.45	2.25	2.25	2.20	2.31

Jagung pipil sebesar 10 kg kemudian direndam selama 20 menit dengan tujuan untuk membuat jagung pipil tersebut tidak terlalu keras sehingga mempermudah proses pelepasan perikarp dan juga proses penggilingan kasar. Proses perendaman membuat jagung pipil bertambah berat karena adanya penambahan air yang masuk ke dalamnya. Berat jagung pipil yang telah direndam sebesar 10.47 kg. Setelah perendaman, dilakukan pelepasan perikarp dan *tip cap* dengan menggunakan alat *polisher* selama 25 menit. Perikarp harus dilepaskan dari jagung pipil karena memiliki kandungan serat yang tinggi sehingga dapat membuat tepung bertekstur kasar. Selain itu, perikarp harus dipisahkan karena batas maksimal jumlah serat kasar dalam tepung jagung menurut SNI 01-3727-1995 adalah 1.5%. Pelepasan *tip cap* dilakukan karena dapat menimbulkan butir-butir hitam pada tepung. Jagung yang telah dimasukkan ke dalam *polisher* kemudian disebut jagung sosoh. Proses ini menghasilkan rendemen jagung sosoh sebesar 75.2% (7.52 kg) dan perikarp serta *tip cap* sebesar 26.6% (2.66 kg) terhadap jagung pipil (10 kg).

Jagung sosoh dimasukkan ke dalam *disc mill* tanpa saringan untuk pengecilan ukuran. Proses ini disebut penggilingan pertama. Penggilingan merupakan proses pengecilan ukuran dari bahan padat atau butiran dengan gaya mekanis sehingga menjadi berbagai fraksi ukuran yang lebih kecil.

Dengan pengecilan ukuran ini, bahan dapat dipisahkan berdasarkan keperluan dan meningkatkan daya reaktifitas. Pada penggilingan sereal dan biji-bijian dilakukan proses penekanan atau penghancuran, pemukulan dan penggosokan. Pada penggilingan pertama ini dihasilkan beras jagung dimana bagian lembaga, sisa perikarp dan *tip cap* terpisah dari bagian endosperm. Rendemen beras jagung yang dihasilkan dari penggilingan kasar ini sebesar 72.6% (7.26 kg) terhadap jagung pipil (10 kg). Pada penggilingan kasar ini terdapat *loss* sebesar 2.6% (0.26 kg) karena tertinggal di alat.

Beras jagung yang dihasilkan dari penggilingan pertama masih bercampur dengan kotoran, kulit, tepung kasar, dan komponen lain yang tidak diinginkan. Proses yang dilakukan untuk memisahkan beras jagung dari semua campuran tersebut yaitu dengan mencuci dan merendam di dalam air. Selain untuk memisahkan bagian endosperma (beras jagung) dengan lembaga, sisa perikarp dan *tip cap*, serta memisahkan biji jagung dari kotoran yang dapat menjadi sumber kontaminasi, proses ini juga dapat memperlunak jaringan jagung yang masih keras sehingga ketika digiling dengan *disc mill* akan menjadi lebih mudah.

Pencucian akan membersihkan beras jagung dari kotoran yang akan mengkontaminasi, sedangkan perendaman akan membuat kulit dan lembaga terangkat ke permukaan air. Hal ini disebabkan di dalam lembaga banyak terdapat kandungan lemak yang mempunyai massa jenis yang lebih kecil daripada air. Lembaga dipisahkan dengan tujuan untuk menghindari tepung menjadi cepat tengik. Proses pengadukan dilakukan selama pencucian agar bahan campuran yang akan dibuang tidak terendam di dalam tumpukan beras jagung. Pencucian dan perendaman ini dilakukan kurang lebih selama 1 jam. Pada proses ini, rendemen *germ* dan sisa perikarp sebesar 10.2% (1.02 kg) terhadap jagung pipil (10 kg).

Beras jagung yang telah dipisahkan dari *germ* dan perikarp kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pengering pada suhu 60°C selama 2 jam. Hal ini dilakukan supaya pada penggilingan selanjutnya, beras jagung tidak akan menempel di *disc mill* yang dapat

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

menyebabkan kemacetan pada alat. Selain itu, pengeringan jagung tidak boleh terlalu lama karena bagian *horny endosperm* dapat menjadi semakin keras yang dapat membuat jagung sulit dihancurkan pada proses penepungan. Jenis oven pengering yang digunakan termasuk ke dalam *tray dryer*. Oven pengering ini terdiri dari rak-rak yang disusun bertingkat untuk meletakkan nampan pengering dengan udara panas kering keluar dari lubang yang terdapat pada sisi kanan dan kiri oven. Rendemen beras jagung kering yang dihasilkan dari proses ini sebesar 58.2% (5.82 kg) terhadap jagung pipil (10 kg).

Beras jagung kering kemudian dimasukkan ke dalam *disc mill* dengan saringan untuk dilakukan penggilingan kedua. Hasil dari penggilingan kedua adalah tepung jagung. Namun, tepung jagung ini masih dalam ukuran kehalusan yang berbeda-beda. Rendemen tepung jagung yang dihasilkan sebesar 53.4% (5.34 kg) terhadap jagung pipil (10 kg). Pada proses ini terdapat *loss* sebesar 4.8% (0.48 kg) karena adanya tepung jagung yang masih tertinggal pada alat *disc mill*. Tepung jagung ini kemudian dikeringkan dengan oven pengering 60⁰C selama 3 jam untuk mengurangi kandungan air yang dapat menyebabkan kerusakan. Pada proses pengeringan tepung jagung terdapat *loss* sebesar 1.3% (0.13 kg). Hal ini disebabkan oleh terjadinya pelepasan air yang menurunkan bobot dari tepung jagung dan adanya sisa tepung jagung yang masih tertinggal pada alat.

Tepung jagung kemudian dipisahkan berdasarkan ukurannya melalui proses pengayakan. Fungsi dari pengayakan yaitu untuk menghomogenkan ukuran dari tepung jagung yang diinginkan. Ukuran tepung jagung yang diinginkan yaitu 120 mesh. Prinsip kerja dari pengayak yang berdasarkan pada ukuran didasarkan pada penjatuhan bahan padat di atas permukaannya, yang mana menyebabkan bahan yang berukuran kecil lolos melewati lubang dan bahan yang berukuran besar tetap tinggal pada permukaan ayakan. Pengayak yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengayak bergetar. Pengayak bergetar ini digunakan untuk pemisahan bahan dalam jumlah besar.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

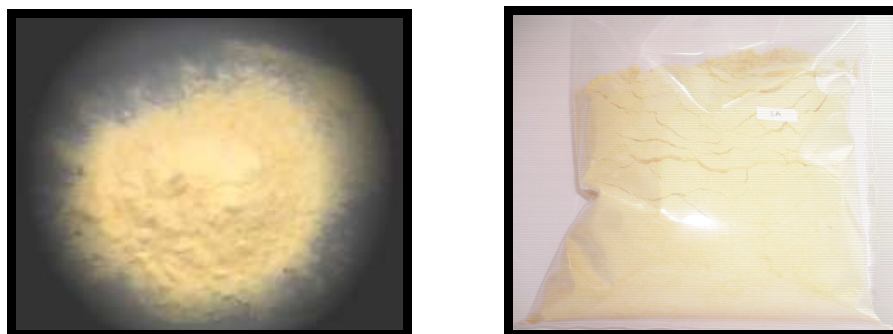
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Proses pengayakan dilakukan selama 1 jam dan menghasilkan rendemen sebesar 30.8% dari keseluruhan jagung pipil atau sekitar 3.08 kg, sedangkan sisanya yaitu berupa tepung kasar (tidak lolos ayakan 120 mesh) sebesar 20.7% (2.07 kg). Tepung jagung yang lolos ayakan 120 mesh ini kemudian dikemas dengan menggunakan plastik PP. Hasil proses pembuatan tepung jagung dapat dilihat pada Tabel 21. Penampakan tepung jagung dapat dilihat pada Gambar 10, sedangkan diagram alir kesetimbangan massa pembuatan tepung jagung secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 21 Hasil proses pembuatan tepung jagung

Bahan	Berat (kg)	% (basis jagung pipil)
Jagung pipil	10.000	100
Setelah direndam dan ditiriskan	10.470	104.7
Setelah di-polisher	7.515	75.2
Perikarp + tip cap	2.665	26.6
Beras jagung	7.255	72.6
Germ dan sisa perikarp	1.020	10.2
Beras jagung setelah dikeringkan	5.815	58.2
Tepung jagung	5.340	53.4
Tepung jagung kering	5.206	52.1
Tepung jagung lolos 120 mesh	3.080	30.8
Sisa tepung kasar	2.070	20.7



Gambar 10 Tepung jagung (kiri) dan dalam kemasan PP (kanan).

b. Karakteristik Fisik Tepung Jagung

a. Rendemen Tepung Jagung

Rendemen merupakan hasil persentase antara produk akhir (tepung jagung yang dihasilkan) terhadap produk awal (bahan dasar mula-mula) yaitu jagung pipil atau jagung tongkol. Rendemen dapat dijadikan parameter yang sangat penting guna mengetahui nilai ekonomis suatu produk. Semakin tinggi rendemennya, maka semakin tinggi nilai ekonomis produk tersebut dan demikian sebaliknya. Pada pembuatan tepung jagung ini diperoleh rendemen tepung jagung sebesar 30.8% (basis jagung pipil) atau 23.62% (basis jagung tongkol), sedangkan sisanya yaitu berupa tepung kasar (tidak lolos ayakan 120 mesh) sebesar 20.7% (basis jagung pipil) atau 15.87% (basis jagung tongkol).

Rendemen yang kecil ini dapat disebabkan saat pengeringan beras jagung menghasilkan beras yang terlalu kering sehingga endosperma jagung sudah kembali menjadi keras dan menjadi sulit dihancurkan (Ekafitri, 2009). Akibatnya, jumlah tepung jagung yang lolos saringan 120 mesh menjadi lebih sedikit. Selain itu, tinggi rendahnya rendemen tepung jagung juga dipengaruhi oleh adanya *loss* pada alat-alat yang digunakan selama proses, keadaan dari jagung yang digunakan dimana tidak semua jagung dalam keadaan baik (ada sebagian jagung yang cacat) dan umur jagung pipilan kering dari saat kering hingga penggilingan. Jagung pipilan yang baru akan memiliki rendemen yang tinggi, sedangkan jagung pipilan yang diperkirakan sudah lama akan memberikan rendemen yang kecil. Perkiraan ini didasarkan banyaknya kotoran serta adanya kutu jagung (*Sithophilus zeamays*).

b. Warna Tepung Jagung

Menurut Honestin (2007), suhu pengeringan dan perlakuan pramasak berpengaruh terhadap kecerahan warna tepung yang dihasilkan. Penurunan kecerahan dapat disebabkan oleh adanya reaksi yang menimbulkan warna coklat, yaitu reaksi pencoklatan enzimatis dan non-enzimatis (reaksi Maillard). Selain itu, perlakuan pemanasan basah juga

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

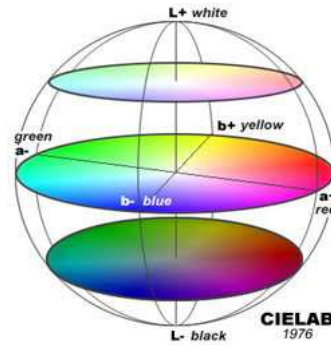
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dapat meningkatkan komponen warna merah dan kuning, serta menurunkan intensitas warna putih (Janathan 2007). Warna tepung jagung diamati secara kuantitatif menggunakan *chromameter* CR-200 dengan metode Hunter (Gambar 11) yang memberikan tiga nilai pengukuran (parameter) L, a, dan b seperti yang terlihat pada Tabel 22.



Gambar 11 Model warna sistem Hunter (CIELab 1976).

Tabel 22 Hasil pengukuran warna tepung jagung

Pengukuran	L	a	b	⁰ Hue
1	82.48	+0.12	+39.40	89.90
2	82.52	+0.12	+39.48	89.90
3	82.52	+0.12	+39.48	89.90
Rataan	82.51	+0.12	+39.45	89.90

Berdasarkan Tabel 22, diketahui bahwa tingkat kecerahan tepung jagung sebesar 82.51 yang diamati dari nilai L. Nilai a yang positif berarti tepung jagung cenderung berwarna merah dengan nilainya sebesar +0.12. Besarnya nilai b yang positif menunjukkan bahwa tepung jagung cenderung berwarna kuning dengan nilai b sebesar +39.45. Hal ini sesuai dengan data ⁰Hue yang menunjukkan tepung jagung berada pada kisaran warna kuning kemerahan dengan kecenderungan warna kuning.

Warna kuning pada tepung jagung disebabkan oleh adanya pigmen xantofil yang terdapat pada jagung. Xantofil termasuk ke dalam pigmen karotenoid yang memiliki gugus hidroksil. Pigmen xantofil yang utama adalah lutein dan zeaxanthin, yaitu mencapai 90% dari total pigmen karotenoid di dalam jagung. Menurut Watson (2003), sekitar 95-97% pigmen karotenoid

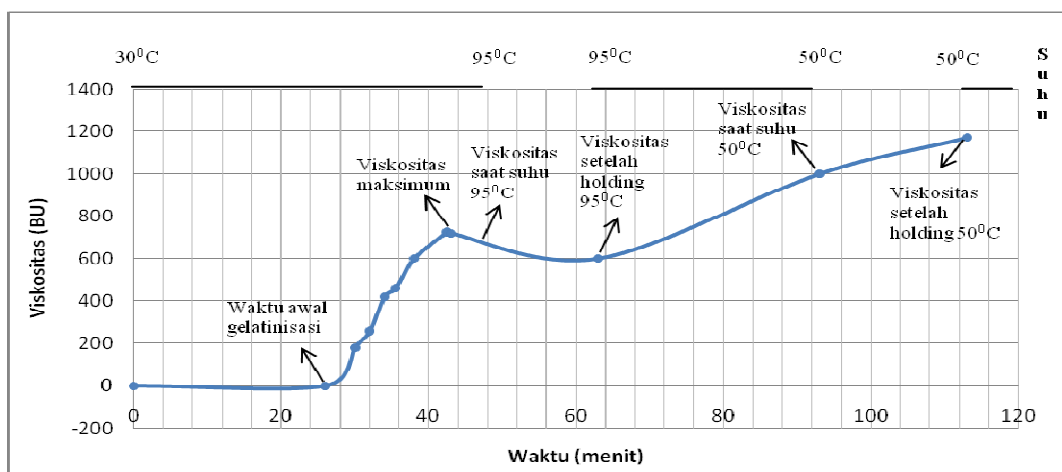
(xantofil dan karoten) pada jagung terdapat di bagian endosperma dan konsentrasi terbesar (75%) terdapat pada bagian endosperma keras (*horny endosperm*).

c. Sifat Amilografi

Uji amilografi dilakukan untuk mengukur tingkat gelatinisasi. Pada uji ini, terdapat beberapa parameter yang diamati yaitu suhu awal gelatinisasi, suhu puncak gelatinisasi, viskositas maksimum, viskositas pada suhu 95°C setelah holding (*holding paste viscosity*), *breakdown viscosity*, dan *setback viscosity*. Data hasil pengukuran sifat amilografi dapat dilihat pada Tabel 23 dan profil gelatinisasi tepung jagung dapat dilihat pada Gambar 12.

Tabel 23 Sifat amilografi tepung jagung

Parameter yang diamati	Nilai
Suhu awal gelatinisasi (°C)	69
Waktu awal gelatinisasi (menit)	26
Viskositas maksimum (BU)	725
Suhu puncak gelatinisasi (°C)	93.75
Viskositas saat 95°C (BU)	720
Viskositas setelah <i>holding</i> 95°C (BU)	600
Viskositas saat 50°C (BU)	1000
Viskositas setelah <i>holding</i> 50°C (BU)	1170
<i>Breakdown viscosity</i> (BU)	125
<i>Setback viscosity</i> (BU)	570



Gambar 12 Profil gelatinisasi tepung jagung.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1) Suhu awal gelatinisasi

Suhu awal gelatinisasi ditentukan berdasarkan perhitungan hasil konversi waktu yang dibutuhkan pada saat kurva mulai menaik dikalikan dengan kecepatan kenaikan suhu ($1.5^{\circ}\text{C}/\text{menit}$) kemudian ditambahkan dengan suhu awal yang digunakan pada saat pengukuran. Berdasarkan tabel, diperoleh suhu awal gelatinisasi tepung jagung sebesar 69°C . Menurut Fennema (1996), suhu awal gelatinisasi pati jagung berkisar antara $60\text{-}72^{\circ}\text{C}$. Suhu awal gelatinisasi mengandung arti bahwa tepung jagung akan mulai tergelatinisasi pada suhu tersebut sehingga terbentuk adonan yang elastis dan kohesif.

2) Suhu puncak gelatinisasi

Suhu puncak gelatinisasi ditentukan berdasarkan perhitungan hasil konversi waktu yang dibutuhkan pada saat kenaikan kurva mencapai maksimum dikalikan dengan kecepatan kenaikan suhu ($1.5^{\circ}\text{C}/\text{menit}$) kemudian ditambahkan dengan suhu awal yang digunakan pada saat pengukuran. Suhu awal yang digunakan pada saat pengukuran adalah 30°C . Suhu puncak gelatinisasi juga dikenal dengan suhu pada saat tercapainya viskositas maksimum yaitu suhu ketika granula pati mencapai pengembangan maksimum hingga selanjutnya pecah. Berdasarkan profil amilogram diperoleh suhu puncak gelatinisasi tepung jagung sebesar 93.75°C , sedangkan suhu puncak gelatinisasi pada beras ketan varietas Setail dan Ketonggo berturut-turut adalah 94°C dan 93.7°C (Indrasari *et al.* 2008). Hal ini menandakan bahwa suhu puncak gelatinisasi antara tepung jagung dan beras ketan tidak jauh berbeda. Suhu saat terjadi viskositas puncak menjadi salah satu parameter penting sifat pati sebagai acuan suhu optimum untuk pemasakan bahan berpati untuk mencapai kekentalan yang diinginkan.

3) Viskositas maksimum

Viskositas maksimum merupakan titik maksimum viskositas pasta yang dihasilkan selama proses pemanasan. Setelah titik ini, granula pati yang mengembang mulai pecah dan diikuti dengan penurunan viskositas. Viskositas puncak sistem pati perlu diketahui sebagai pertimbangan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

pemilihan jenis pati untuk dijadikan bahan suatu produk pangan. Viskositas maksimum dinyatakan dalam satuan *Brabender Unit* (BU). Pada Tabel 23 ditunjukkan bahwa viskositas maksimum tepung jagung sebesar 725 BU. Viskositas maksimum pada beras ketan varietas Setail dan Ketonggo berturut-turut adalah 76.8 dan 172.8 BU (Indrasari *et al.* 2008). Charles *et al.* (2005) melaporkan bahwa semakin tinggi kadar amilosa maka viskositas maksimum pati akan semakin tinggi. Semakin tinggi viskositas maksimum, berarti kemampuan pati dalam menyerap air semakin besar dan daya *thickening*-nya (kelengketan) semakin besar. Hal ini memungkinkan penggunaan tepung dalam jumlah yang lebih sedikit untuk mencapai viskositas tertentu, dan akhirnya dapat mengurangi biaya produksi (Rahman 2007).

4) Viskositas setelah holding suhu 95⁰C (*Holding paste viscosity*)

Setelah mencapai viskositas maksimum, jika proses pemanasan dalam *Brabender* dilanjutkan pada suhu yang lebih tinggi, granula pati menjadi lebih rapuh, pecah, dan terpotong-potong membentuk polimer dan agregat serta viskositasnya menurun. Pada Tabel 23 ditunjukkan bahwa *holding paste viscosity* tepung jagung sebesar 600 BU. Beras ketan varietas Setail dan Ketonggo memiliki *holding paste viscosity* berturut-turut sebesar 102.4 dan 185.6 BU (Indrasari *et al.* 2008). Hal ini menandakan bahwa tepung jagung mengalami penurunan viskositas dari viskositas maksimumnya dan beras ketan mengalami peningkatan viskositas selama pemanasan pada suhu 95⁰C yang dipertahankan selama 20 menit. Viskositas tepung jagung yang menurun disebabkan akibat terjadinya *leaching* pada amilosa, sedangkan beras ketan hanya mengandung kadar amilosa sebesar 1 – 2%.

5) *Breakdown viscosity*

Nilai penurunan viskositas yang terjadi dari viskositas maksimum menuju viskositas terendah ketika suspensi dipanaskan pada suhu 95⁰C selama 20 menit disebut dengan *breakdown viscosity*. Menurut Beta dan Corke (2001), *breakdown viscosity* berhubungan dengan kestabilan pati

selama pemanasan. Semakin rendah *breakdown viscosity*, maka pati semakin stabil pada kondisi panas. Besarnya *breakdown viscosity* menunjukkan bahwa granula-granula tepung yang telah membengkak secara keseluruhan bersifat rapuh dan tidak tahan terhadap proses pemanasan (Panikulata 2008). Berdasarkan Tabel 23 menunjukkan bahwa *breakdown viscosity* tepung jagung sebesar 125 BU. Menurut Indrasari *et al.* (2008), *breakdown viscosity* beras ketan varietas Setail dan Ketonggo berturut-turut sebesar -25.6 dan -12.8 BU. Hal ini menandakan bahwa pati beras ketan lebih stabil daripada tepung jagung pada kondisi panas.

6) *Setback viscosity*

Pasta pati yang dihasilkan pada pemanasan suspensi hingga suhu 95⁰C akan mengalami kenaikan viskositas jika didinginkan. Dalam hal ini, pasta mengalami pendinginan dari suhu 95⁰C hingga suhu 50⁰C dengan kecepatan pengadukan konstan yaitu 1.5⁰C/menit dan suhu dipertahankan tetap 50⁰C selama 20 menit. Kenaikan viskositas yang terjadi disebabkan oleh retrogradasi pati, yaitu proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi akibat bergabungnya rantai molekul amilosa yang berdekatan melalui ikatan hidrogen intermolekular (Winarno 1992). Semakin tinggi viskositas *setback* semakin tinggi pula kemampuan pati dalam beretrogradasi. Nilai kenaikan viskositas ketika pasta pati didinginkan disebut *setback viscosity*.

Nilai *setback viscosity* diperoleh dengan menghitung selisih antara viskositas pasta pati pada suhu 50⁰C dengan viskositas maksimum yang telah dicapai pada saat pemanasan. Nilai *setback viscosity* yang diperoleh pada tepung jagung sebesar 570 BU, sedangkan pada beras ketan varietas Setail dan Ketonggo berturut-turut adalah 108.8 dan 121.4 BU (Indrasari *et al.* 2008). Semakin positif nilai *setback viscosity*, proses retrogradasi semakin kuat (Munarso 1998). Retrogradasi yang terlalu tinggi tidak diharapkan karena menyebabkan produk yang dihasilkan cepat mengalami kekerasan dan kering. Nilai *setback viscosity* pada tepung jagung cukup besar sehingga menunjukkan bahwa tepung jagung lebih cenderung mengalami proses retrogradasi ketika didinginkan dibandingkan beras

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ketan. Hal ini dapat disebabkan karena tingginya kandungan amilosa pada tepung jagung.

d. Densitas Kamba Tepung Jagung

Densitas kamba merupakan sifat fisik bahan yang dipengaruhi oleh ukuran bahan dan kadar air. Densitas kamba akan menurun dengan menurunnya massa bahan. Pengetahuan tentang densitas kamba diperlukan terutama dalam hal kebutuhan ruang, baik dalam hal penyimpanan maupun pengangkutan. Semakin besar densitas kamba, biaya transportasi akan semakin murah karena memerlukan ruang yang lebih kecil dalam pengangkutan.

Hasil analisis densitas kamba dari tepung jagung yaitu sebesar 0.74 g/ml. Nilai ini menunjukkan bahwa pada volume 1 ml, berat tepung tersebut adalah 0.74 g. Menurut Breslauer (2003), densitas kamba dari tepung jagung yaitu sebesar 0.5-0.7 g/cm³. Hal ini menunjukkan bahwa dalam penyimpanan maupun pengangkutan tepung jagung lebih ekonomis karena tidak memerlukan ruang yang besar.

Karakteristik Kimia Tepung Jagung

Pengujian terhadap karakteristik kimia tepung jagung dilakukan untuk mengetahui kandungan gizi tepung jagung sebagai salah satu bahan baku dalam pembuatan produk. Komposisi kimia tepung jagung dapat dilihat pada Tabel 24. Rekapitulasi data analisis kimia dapat dilihat di Lampiran 5.

Tabel 24 Komposisi kimia tepung jagung

Komponen	Jumlah	
	% Basis basah	% Basis kering
Air	7.45	8.06
Abu	0.13	0.14
Protein	6.67	7.21
Lemak	2.38	2.57
Karbohidrat	83.37	90.08
Serat kasar	0.88	0.95
Pati	59.39	-
*Amilosa	27.90	-
*Amilopektin	31.49	-

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

a. Kadar Air

Air merupakan komponen penting dalam bahan pangan yang dapat mempengaruhi kualitas bahan pangan itu sendiri. Besarnya kadar air tepung berhubungan dengan daya tahan tepung selama penyimpanan. Makin tinggi kadar air suatu bahan maka makin tinggi kemungkinan bahan tersebut rusak. Tepung akan lebih cepat rusak karena mudah ditumbuhi kapang dan cepat mengalami hidrolisa sehingga menurun kualitasnya. Kadar air tepung sangat dipengaruhi oleh cara penyimpanan atau lama dari waktu pemanenan sampai bahan diolah menjadi suatu produk (Lopulalan 2008).

Data hasil analisis menunjukkan bahwa tepung jagung memiliki kadar air 7.45% (b/b) atau 8.06% (b/k). Hal ini menunjukkan bahwa kadar air tepung jagung memenuhi syarat SNI (01-3727-1995) yaitu maksimal 10% (b/b). Rendahnya kadar air pada tepung jagung ini dipengaruhi oleh proses pengeringan. Untuk memperpanjang daya simpan suatu bahan maka sebagian air dalam bahan dihilangkan sehingga mencapai kadar air tertentu. Pengeringan pada tepung mempunyai tujuan untuk mengurangi kadar airnya sampai batas tertentu sehingga pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim penyebab kerusakan pada tepung dapat dihambat. Batas kadar air minimum dimana mikroba masih dapat tumbuh adalah 14-15% (Fardiaz 1989).

b. Kadar Abu

Kadar abu menunjukkan besarnya kandungan mineral dalam tepung. Kandungan mineral bahan segar yang berasal dari tanaman sangat dipengaruhi oleh kondisi mineral tanah tempatnya tumbuh. Mineral merupakan zat anorganik dalam bahan yang tidak terbakar selama proses pembakaran. Berdasarkan data, nilai kadar abu tepung jagung diperoleh sebesar 0.13% (b/b) atau 0.14% (b/k). Kadar abu tepung jagung ini sesuai SNI yaitu maksimal 1.5% (b/b). Rendahnya kadar abu disebabkan oleh tahapan pemisahan beras jagung dengan lembaga yang mengandung 78% dari total mineral (Haryadi *et al.*



1991). Kadar abu juga dipengaruhi oleh jenis bahan, umur bahan, dan lain-lain. Selain itu, jika kadar abu diatas 1.5% dikhawatirkan telah terjadi kontaminasi logam selama proses penepungan.

c. Kadar Protein

Kadar protein dianalisis dengan metode Kjeldahl. Metode ini didasarkan pada pengukuran kadar nitrogen yang terkandung dalam bahan sehingga kadar protein yang diperoleh adalah kadar protein kasar. Hasil analisis kadar protein pada tepung jagung yaitu sebesar 6.67% (b/b) atau 7.21% (b/k). Menurut Watson (2003), bagian lembaga biji jagung selain mengandung lemak yang tinggi (33.2%) juga mengandung protein hingga 18.4%. Proses penepungan jagung telah menurunkan kadar protein karena terdapat tahapan pemisahan lembaga sehingga mengurangi jumlah kandungan protein tepung jagung.

d. Kadar Lemak

Analisis kadar lemak dilakukan dengan metode ekstraksi Soxhlet. Kadar lemak yang diperoleh tidak hanya lemak (*true fat*), tetapi juga lilin, fosfolipid, sterol, hormon, minyak atsiri, dan pigmen (Ketaren 1986). Hasil kadar lemak tepung jagung yang diperoleh sebesar 2.38% (b/b) atau 2.57% (b/k). Kadar lemak ini lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar lemak jagung pipil yaitu sebesar 4.75% (b/b). Rendahnya kadar lemak pada tepung jagung disebabkan oleh adanya proses pemisahan lembaga (degerminasi) pada pembuatan tepung. Kandungan lemak pada jagung yang paling tinggi adalah pada bagian lembaga yaitu 33.2%, sedangkan pada endosperma hanya 0.8% (Watson 2003).

Tingginya kandungan lemak pada tepung jagung apabila disimpan pada waktu yang lama akan mengakibatkan penurunan mutu tepung seperti terjadinya ketengikan. Kadar lemak yang tinggi juga dapat mengganggu proses gelatinisasi, sebab lemak mampu membuat kompleks dengan amilosa sehingga amilosa tidak dapat keluar dari

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

granula pati. Akibatnya diperlukan energi yang lebih besar untuk melepaskan amilosa sehingga suhu awal gelatinisasi yang dicapai akan lebih tinggi. Selain itu, lemak dapat mengganggu proses gelatinisasi dengan cara sebagian besar lemak akan diserap oleh permukaan granula sehingga terbentuk lapisan lemak yang bersifat hidrofobik di sekeliling granula. Lapisan lemak tersebut akan menghambat pengikatan air oleh granula. Hal ini akan menyebabkan kekentalan dan kelekatan pati berkurang akibat jumlah air berkurang untuk terjadinya pengembangan granula.

e. Kadar Karbohidrat

Karbohidrat banyak terdapat dalam bahan nabati, baik berupa gula sederhana, heksosa, pentosa, maupun karbohidrat dengan berat molekul yang tinggi, seperti pati, pektin, selulosa, dan lignin (Winarno 1992). Karbohidrat pada jagung dapat dibedakan menjadi tiga golongan yaitu karbohidrat sederhana (sekitar 2% berat kering biji dan terdiri dari glukosa, fruktosa, sukrosa, maltosa, dan raffinosa), karbohidrat struktural (komponen pektin, hemiselulosa, dan selulosa), dan karbohidrat kompleks sumber energi (pati) (Haryadi *et al.* 1991).

Kadar karbohidrat dihitung menggunakan metode perhitungan *by difference*. Menurut Bender (1975) yang dikutip oleh Lopulalan (2008), karbohidrat *by difference* adalah jumlah: 1) *unavailable carbohydrate*: pentosan, pektin, hemiselulosa, dan selulosa, 2) *available carbohydrate*: dekstrin, pektin, pati, dan gula, 3) *non carbohydrate*: asam organik dan serat kasar. Berdasarkan analisis yang dilakukan, diketahui bahwa kadar karbohidrat tepung jagung sebesar 83.37% (b/b) atau 90.08% (b/k). Kandungan karbohidrat yang tinggi sangat besar potensinya untuk dijadikan sebagai salah satu bahan pangan yang berkontribusi sebagai sumber energi melalui pemanfaatannya di dalam produk pangan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

f. **Kadar Serat Kasar**

Karbohidrat yang tidak dapat dicerna sering dikelompokkan sebagai serat makanan atau *dietary fiber*. Karbohidrat ini tidak dipecah oleh enzim α -amilase yang ada di dalam tubuh manusia. Serat kasar adalah residu dari bahan pangan yang telah diperlakukan dengan asam dan alkali mendidih. Serat jagung banyak terdapat pada bagian perikarp (90.7%). Pada proses penepungan, perikarp dibuang sehingga diduga menurunkan serat tepung. Berdasarkan data, kadar serat kasar pada tepung jagung yaitu sebesar 0.88% (b/b) atau 0.95% (b/k). Dapat dilihat bahwa kadar serat kasar pada tepung jagung masih sesuai dengan SNI tepung jagung yaitu maksimum 1.5%. Tingginya serat pada jagung akan menyebabkan tepung jagung memiliki tekstur yang lebih kasar.

Kadar Pati

Kadar pati merupakan kriteria mutu terpenting tepung baik sebagai bahan pangan maupun non pangan. Komposisi pati merupakan faktor penting yang dapat menentukan tekstur dan karakteristik dari produk. Pati tergolong karbohidrat polisakarida yang tersusun lebih dari 10 monomer monosakarida (Winarno 1992). Berdasarkan hasil analisis, diperoleh kadar pati tepung jagung sebesar 59.39%. Menurut Luallen (2004) dalam Pangestuti (2010), pati hampir merupakan karbohidrat murni. Kadar pati seharusnya mendekati nilai kadar karbohidrat, karena sebagian besar komponen utama yang terdapat pada jagung adalah pati (72-73%) (Haryadi *et al.* 1991), sedangkan kadar karbohidrat (*by difference*) yang diperoleh sebesar 83.37%. Menurut Sudarmadji *et al.* (2003), Karbohidrat yang berbentuk polimer seperti pati, memiliki ukuran molekul yang sangat besar dan kompleks serta memiliki satuan monomer berbagai jenis sehingga menyebabkan karbohidrat (pati) sulit ditentukan dalam jumlah yang sebenarnya. Selain itu, kondisi hidrolisis oleh asam mengakibatkan pemotongan rantai glikosida lebih tidak teratur dibandingkan dengan hasil pemotongan rantai oleh enzim, sehingga hasilnya adalah campuran antara dekstrin, maltosa, dan glukosa (Tjokroadikoesoemo 1986 diacu dalam Pangestuti 2010). Hal ini menyebabkan hidrolisis yang

dilakukan diduga masih belum optimal karena pati belum semuanya terhidrolisis menjadi glukosa, dimana penentuan kadar pati dihitung berdasarkan kadar glukosa ($\text{kadar pati} = 0.9 \times \text{kadar glukosa}$).

h. **Kadar Amilosa**

Dari segi struktur kimianya, pati merupakan rangkaian-rangkaian gula (glukosa) yang berikatan satu-sama lain. Rangkaian ini terdiri dari dua jenis, yaitu rangkaian tidak bercabang yang dinamai amilosa dan rangkaian bercabang yang dinamai amilopektin. Kadar amilosa dan amilopektin yang terkandung dalam tepung akan berpengaruh terhadap citarasa dan tekstur dari makanan yang dibuat dari tepung tersebut. Kadar amilosa yang tinggi, misalnya, akan menyebabkan makanan bercitarasa kering, tekstur yang kurang lekat dan cenderung meresap air lebih banyak (higroskopis); demikian pula sebaliknya (Anonim^e 2009).

Kadar amilosa yaitu banyaknya amilosa yang terdapat di dalam granula pati. Kandungan amilosa dalam bahan pangan dapat ditentukan berdasarkan pada kemampuannya untuk bereaksi dengan senyawa iod menghasilkan kompleks berwarna biru. Intensitas warna biru ini akan berbeda tergantung pada kadar amilosa dalam bahan pangan dan dapat ditentukan secara spektrofotometri. Hasil analisis kadar amilosa tepung jagung sebesar 27.90%. Menurut Haryadi *et al.* (1991), amilosa pada jagung sebanyak 25-30% berat pati.

i. **Kadar Amilopektin**

Kandungan amilopektin yang terdapat dalam tepung jagung diperoleh dengan cara menghitung selisih antara kadar pati dengan kadar amilosa. Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh kadar amilopektin tepung jagung sebesar 31.49%. Amilopektin yang tinggi membutuhkan waktu yang lama untuk beretrogradasi dibandingkan dengan amilosa dan kristal amilopektin kurang stabil dibandingkan dengan kristal amilosa (Eerligen and Delcour 1995, diacu dalam Tam *et al.* 2004). Pada pati, adanya amilopektin akan mengurangi kecenderungan pati untuk membentuk gel.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

B. PENELITIAN UTAMA

Pada penelitian utama dilakukan pembuatan produk *crackers* dari formulasi tepung jagung dan tepung ketan, kemudian pemilihan produk terbaik dengan pengujian sifat organoleptiknya, pengujian produk terbaik dengan analisis secara fisik dan kimia serta pengujian umur simpannya. Metode yang digunakan dalam pendugaan umur simpan adalah pendekatan kadar air kritis dengan menggunakan kurva sorpsi isotermis.

Pembuatan *Crackers*

a. Proses Pengolahan

Tahap proses pengolahan bertujuan menentukan parameter proses yang digunakan dalam tahap formulasi *crackers*. Proses pengolahan yang dilakukan dalam pembuatan *crackers* ini diawali dengan pencampuran bahan, pregelatinisasi, pembentukan lembaran, pencetakan, gelatinisasi, pendinginan, dan pemanggangan. Parameter yang perlu ditentukan dalam proses pengolahan adalah waktu gelatinisasi, suhu pemanggangan dan waktu pemanggangan. Tahap ini dilakukan dengan *trial and error* terhadap waktu dan suhu proses. Selain itu, juga dilakukan modifikasi pada proses pengolahan produk.

• Penentuan waktu gelatinisasi

Gelatinisasi pati merupakan aspek yang penting dalam pembuatan *crackers*, terutama sebelum proses pemanggangan. Pati digunakan sebagai pembentuk struktur sekaligus sebagai bahan pengikat. Pati yang tergelatinisasi merupakan bahan pengikat matriks adonan yang cukup baik. Pati tergelatinisasi mengikat air dalam matriks adonan. Air tersebut terdapat pada jaringan bahan karena adanya tenaga penyerapan dari dalam bahan. Air ini menyebabkan pengembangan volume bahan (Ramdani 2002). Ketika dipanaskan melalui pemasakan (penggorengan atau pemanggangan), molekul air yang terikat dalam matriks adonan akan menguap dan menghasilkan tekanan uap yang akan mengembangkan produk (Yustica 1994).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penentuan waktu gelatinisasi dilakukan setelah adonan dicetak. Alat yang digunakan dalam proses pengukusan agar terjadi gelatinisasi yaitu *steam jacket cattle* yang terdapat pada *Pilot Plant* Seafast Center. Waktu gelatinisasi yang dicoba yaitu selama 20, 30, 40, 50 menit, sedangkan suhu gelatinisasi telah ditetapkan 100⁰C. Pada suhu ini, tepung jagung dan ketan sudah melewati suhu awal gelatinisasinya yaitu suhu 69⁰C (tepung jagung) dan 58-78.5 (ketan). Dasar pemilihan waktu pengukusan yaitu sampai terjadi gelatinisasi sempurna pada adonan yang dilihat pada penampakan secara visual. Berdasarkan pengamatan, pengukusan dengan waktu 20 menit dan 30 menit memperlihatkan adonan yang telah mengalami pengembangan adonan tetapi adonan belum tergelatinisasi secara merata dimana masih ada terlihat butir-butir tepung pada beberapa bagian adonan. Pengukusan dengan waktu yang lebih lama yaitu 40 menit memperlihatkan adonan yang telah tergelatinisasi merata dengan sifat fisik adonan yang lebih kenyal dan kuning lebih transparan, sedangkan pengukusan dengan waktu 50 menit memperlihatkan kondisi yang tidak jauh berbeda seperti pada pengukusan 40 menit. Dengan dasar pertimbangan efisiensi waktu dan biaya maka pengukusan dengan suhu 100⁰C selama 40 menit yang akan diaplikasikan pada proses pembuatan produk. Gambar proses pengukusan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Proses pengukusan adonan *crackers*.

- **Penentuan suhu dan waktu pemanggangan**

Rahmi (2004) menyatakan bahwa pemanggangan merupakan pengoperasian panas pada produk adonan dalam oven. Suhu pemanggangan sangat mempengaruhi tingkat kematangan produk yang

dihasilkan. Suhu pemanggangan juga mempengaruhi waktu yang dibutuhkan oleh adonan yang menjadi produk sesuai yang diinginkan. Penentuan parameter suhu dan waktu pemanggangan oven dilakukan terhadap beberapa kombinasi suhu dan waktu pemanggangan yaitu, 180°C (2, 3, 4, 5, 6 menit); 190°C (2, 4, 6 menit); 200°C (2, 4 menit). Hasil dari *trial and error* penentuan suhu dan waktu pemanggangan dapat dilihat pada Tabel 25.

Tabel 25 Hasil *trial and error* penentuan suhu dan waktu pemanggangan oven

No	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Hasil pengamatan
1	180	2	Tekstur masih kenyal, <i>crackers</i> belum matang, tidak mengembang, warna tidak terlalu gelap, masih kuning.
2	180	3	Tekstur masih kenyal, <i>crackers</i> belum matang, masih mentah bagian dalam, tidak mengembang, warna tidak terlalu gelap, masih kuning agak terang
3	180	4	Tekstur agak renyah, <i>crackers</i> matang sebagian, sedikit mengembang, warna tidak terlalu gelap.
4	180	5	Tekstur agak renyah, <i>crackers</i> matang hampir menyeluruh, sedikit mengembang, warna sudah mulai kecoklatan.
5	180	6	Tekstur renyah, <i>crackers</i> matang menyeluruh, sedikit lebih mengembang, warna kuning kecoklatan.
6	190	2	Tekstur masih kenyal, <i>crackers</i> belum matang, tidak mengembang, warna masih kuning.
7	190	4	Tekstur agak renyah, <i>crackers</i> matang sebagian, sedikit mengembang, warna kuning kecoklatan
8	190	6	Tekstur renyah, <i>crackers</i> matang hampir menyeluruh, sedikit lebih mengembang, warna lebih gelap.
9	200	2	Tekstur masih kenyal, <i>crackers</i> belum matang, tidak mengembang, warna mulai kecoklatan.
10	200	4	Tekstur agak renyah, <i>crackers</i> sudah kecoklatan di bagian tengah (bagian pinggir masih kuning), sedikit lebih mengembang, warna lebih gelap.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Berdasarkan hasil pengamatan pada proses penentuan suhu dan waktu pemanggangan oven (Lampiran 6) dapat diketahui bahwa penggunaan suhu 180°C dalam waktu 2 dan 3 menit belum menghasilkan produk yang matang. Produk masih dalam keadaan basah (setelah dari proses pengukusan), baik bagian luar maupun bagian dalam. Selain itu, belum terlihat adanya pelepasan air pada adonan yang dapat menyebabkan adonan mengembang. Penampaknya masih belum menarik dan warnanya masih kuning.

Penggunaan suhu 180°C dan waktu pemanggangan 4 menit telah menghasilkan produk dengan tingkat kematangan masih rendah. Sebagian permukaan produk masih terlihat basah dan belum terlalu mengembang. Hasil pengamatan pada penggunaan suhu 180°C dan waktu pemanggangan 5 menit menghasilkan produk agak renyah dengan tingkat kematangan hampir menyeluruh, sedangkan pada pemanggangan suhu 180°C selama 6 menit telah menghasilkan produk yang renyah dengan kematangan yang menyeluruh.

Apabila suhu pemanggangan dinaikkan menjadi 190°C dengan lama pemanggangan 2 menit, produk yang dihasilkan masih belum matang. Pada pemanggangan selama 4 menit, produk masih matang sebagian. Namun, apabila waktu pemanggangan lebih lama yaitu 6 menit dihasilkan produk yang renyah dan matang hampir menyeluruh. Penggunaan suhu 200°C selama 2 menit menghasilkan produk yang belum matang dan teksturnya masih kenyal, sedangkan pada waktu pemanggangan lebih lama yaitu 4 menit menghasilkan produk dengan kematangan tidak merata pada bagian tengah dan pinggir *crackers*. Dengan demikian, proses optimum terbaik dari proses yang dilakukan adalah penggunaan suhu 180°C dan lama pemanggangan 6 menit. Proses pemanggangan dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Proses pemanggangan *crackers*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- **Modifikasi proses pengolahan**

Pada pengolahan untuk membuat *crackers* dilakukan modifikasi proses. Hal ini dilakukan karena bahan dasar yang digunakan berbeda. Penentuan modifikasi proses dilakukan dengan *trial and error*. Sifat fisik dasar yang dijadikan parameter utama pada modifikasi proses adalah tekstur. Metode yang secara umum digunakan adalah pencampuran/ pengadukan bahan, penambahan air panas, pengulenan sampai kalis, pregelatinisasi (pengukusan atau pemasakan), pemipihan (*sheeting*), pencetakan, gelatinisasi (pengukusan kembali dengan uap panas air), pendinginan, pengeringan oven, pemasakan (pemanggangan oven, *microwave*, dan penggorengan) (Putra 2005). Pada penelitian ini dilakukan modifikasi yaitu tidak adanya proses pengeringan oven. Menurut penelitian yang dilakukan Putra (2005), pengeringan dengan oven 60⁰C selama 3 jam memberikan hasil terbaik. Namun, pengeringan terhadap produk *crackers* yang terbuat dari tepung jagung dan tepung ketan ini justru membuatnya terlalu kering sehingga pada saat dipanggang dalam oven menghasilkan tekstur yang keras dan tidak mengembang. Hal ini disebabkan air yang dibutuhkan tidak cukup membuat tekanan yang dapat membuat produk mengembang akibat pemanasan yang terus-menerus dalam oven. Tekstur yang keras tersebut dapat mengakibatkan produk akan sulit diterima oleh konsumen. Selain itu, dengan tidak adanya proses pengeringan diharapkan dapat menghemat biaya produksi.

- b. **Proses Pembuatan *Crackers***

Proses pembuatan *crackers* diawali dengan pencampuran bahan-bahan. Menurut Sugiyono (2004) di dalam Putra (2005), pencampuran bahan-bahan *crackers* dilakukan untuk membentuk adonan yang dikehendaki. Pada tahap ini yang diperhatikan adalah tercapainya konsistensi adonan. Bahan-bahan utama adalah tepung jagung dan tepung ketan *Rose Brand* pada beberapa tingkat substitusi sesuai dengan perlakuan serta bahan-bahan lain yaitu gula, garam, air, *baking powder* dan minyak nabati ditimbang. Pencampuran pertama yang dilakukan



adalah pencampuran bahan-bahan kering seperti tepung jagung, tepung ketan, garam, gula, dan *baking powder*. Semua bahan-bahan tersebut diaduk. Menurut Manley (1983), proses pengadukan adonan merupakan proses pencampuran bahan-bahan yang digunakan untuk memperoleh campuran adonan yang homogen.

Bahan-bahan tersebut kemudian ditambahkan minyak dan diaduk lagi. Kemudian adonan yang telah tercampur tersebut diberikan air yang telah dipanaskan sampai suhu 90°C sambil diuleni. Diharapkan seluruh adonan dapat tercampur menjadi adonan yang homogen yang kemudian dapat dibentuk seperti bulatan. Proses pengulenan bertujuan mendispersikan air semaksimal mungkin ke dalam struktur adonan. Menurut Husain (1993), air adalah bahan yang berfungsi dalam pengikatan adonan. Keseluruhan proses pengadukan dan pengadonan ini dilakukan selama 15 menit.

Adonan yang telah berbentuk bulatan tersebut kemudian dilakukan pengukusan awal selama 2 menit dengan suhu 100°C . Pengukusan awal dilakukan untuk meningkatkan kekompakan adonan. Pemilihan waktu dan suhu tersebut didapat dari hasil *trial and error*. Pada pengukusan awal 1 menit suhu 100°C , adonan belum cukup kompak untuk dibuat menjadi lembaran. Untuk pengukusan awal 3 menit suhu 100°C , sebagian adonan sudah tergelatinisasi sehingga adonan cukup sulit untuk dibuat menjadi lembaran. Atas dasar kemudahan adonan untuk dibuat menjadi lembaran maka dipilih waktu pengukusan awal selama 2 menit suhu 100°C . Hasil pengukusan awal ini merupakan yang terbaik jika dibandingkan dengan yang lainnya.

Adonan setelah pengukusan masuk ke dalam *roll press* yang akan mengubah adonan menjadi bentuk lembaran. Sebelum dibuat lembaran, adonan yang berbentuk bulat tersebut diistirahatkan sebentar selama 10 menit dan diuleni. Menurut Juniawati (2003), adonan yang telah dikukus mengalami pemasakan yang tidak merata dimana bagian dalamnya sangat sedikit menerima panas sehingga tingkat kemasakan ataupun tingkat gelatinisasinya paling rendah sehingga tahap pengukusan harus disertai dengan pengulian pada waktu tertentu. Oleh karena itu, pada tahap ini dilakukan pengadukan pada adonan.

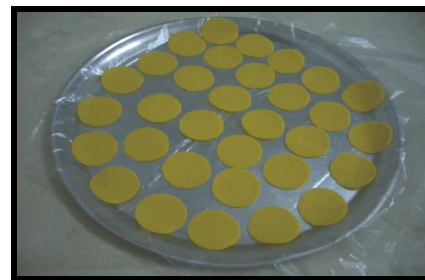
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Proses pembentukan lembaran dilakukan dengan melewati adonan secara berulang pada dua rol logam sehingga adonan menyatu dan kompak satu sama lain dengan menggunakan alat *sheeting* yang terdapat di *Pilot Plant* Pusat Antar Universitas. Tebal tipisnya lembaran adonan dapat diatur dengan menggerakkan tuas pada alat yang menunjuk pada angka ketebalan yang dikehendaki. Proses pembentukan lembaran menggunakan plastik kemasan sebagai lapisan pelindung untuk mencegah adonan yang menempel pada *roller*. *Sheeting* yang bagus menghasilkan lembaran adonan yang tidak putus/sobek.

Faktor ketebalan penting untuk diperhatikan agar memperoleh penampakan yang baik. Menurut Matz (1978), ketebalan adonan yang seragam bertujuan agar penetrasi panas dapat merata pada saat pengolahan. Ketebalan yang didapatkan dari adonan yaitu sekitar ± 0.1 cm. Setelah adonan dibuat menjadi lembaran kemudian lembaran adonan tersebut dicetak dengan menggunakan cetakan manual. Cetakan ini memiliki bentuk lingkaran dengan diameter ± 4.5 cm. Proses pencetakan dilakukan secara seragam untuk menjaga keseragaman pada produk akhir. Proses pemipihan adonan dan adonan yang telah dicetak dapat dilihat pada Gambar 15.

Bahan yang telah dicetak selanjutnya dikukus dengan suhu 100°C selama 40 menit. Pengukusan bertujuan agar tercapainya gelatinisasi pada adonan. Gelatinisasi pati dapat dilihat dari adonan yang sudah berwarna kuning agak transparan dan kenyal. Adonan yang belum tergelatinisasi secara penampakan belum memperlihatkan ciri-ciri kenyal dan adonan terlihat agak mentah.



Gambar 15 Proses pemipihan adonan (kiri) dan adonan yang telah dicetak (kanan).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Adonan yang telah dikukus itu kemudian dibiarkan/didinginkan selama 15 menit. Pendinginan ini bertujuan agar adonan cukup kuat supaya dapat dipindahkan dari tempat pengukusan ke loyang pemanggangan dan juga supaya memberi kesempatan air yang ada dalam adonan dapat menyebar secara merata. Proses pelepasan dan pemindahan dilakukan secara manual dengan tangan. Selanjutnya adonan dipanggang menggunakan oven pada suhu 180°C selama 6 menit. Alat pemanggang menggunakan oven pemanggang dengan sistem gas-listrik (*electric gas*). Pada alat ini dapat diatur suhu bagian atas dan bawah dari ruang pemanggangan. Oven ini juga dilengkapi dengan pengatur waktu (*timer*). Produk *crackers* dengan berbagai perbandingan komposisi tepung jagung dan tepung ketan dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Produk *crackers*.

c. **Pemilihan Produk Terbaik**

Dasar penentuan produk terbaik dari keenam formula adalah dengan uji organoleptik. Menurut Soekarto (1985), penilaian organoleptik (daya terima) banyak digunakan untuk menilai mutu komoditas hasil pertanian dan makanan. Penilaian cara ini banyak disenangi karena dapat dilaksanakan dengan cepat dan langsung. Kadang-kadang penilaian ini dapat memberikan hasil yang teliti. Dalam beberapa hal penilaian dengan indera bahkan melebihi ketelitian alat yang paling selektif.

Penilaian mutu bahan pangan pada umumnya sangat tergantung pada beberapa faktor antara lain cita rasa, warna, tekstur, dan nilai gizinya. Tetapi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

sebelum faktor-faktor lain dipertimbangkan, secara visual faktor warna kadang-kadang sangat menentukan. Suatu bahan yang dinilai bergizi, enak, dan teksturnya baik tidak akan dimakan apabila memiliki warna yang tidak sedap dipandang atau memberikan kesan telah menyimpang dari warna yang seharusnya (Winarno 1997).

Rasa merupakan faktor yang penting dalam menentukan penerimaan atau penolakan suatu bahan pangan oleh panelis. Rasa dapat dinilai sebagai tanggapan terhadap rangsangan yang berasal dari senyawa kimia dalam bahan pangan yang memberi kesan manis, pahit, asam, dan asin (Soekarto 1985). Rasa pada makanan sangat ditentukan oleh formulasi produk tersebut. Aroma merupakan hasil rangsangan kimia dari syaraf-syaraf olfaktori yang berada di bagian akhir dari rongga hidung. Aroma banyak menentukan kelezatan bahan makanan dan lebih banyak berhubungan dengan panca indera pembau.

Dalam penentuan produk terbaik, atribut warna, rasa, dan aroma tidak dinilai dalam uji organoleptik. Hal ini disebabkan karena hasil formulasi ini bisa dikatakan sebagai produk dasar (*basic product*) dimana produk masih bisa dikembangkan dengan menambahkan *seasoning* untuk meningkatkan *flavor*. *Seasoning* merupakan bahan-bahan yang ditambahkan untuk memperbaiki warna seperti halnya rasa dan aroma sehingga dapat meningkatkan daya tarik konsumen terhadap produk jadi. Oleh karena itu, penilaian mutu sensorik untuk pemilihan produk terbaik dilakukan hanya terhadap mutu sensorik tekstur (kerenyahan) dan penerimaan produk secara keseluruhan (*overall*).

Selain itu juga dilakukan pengumpulan data yang bertujuan mengidentifikasi atribut mutu penting yang mempengaruhi penerimaan produk *crackers* (Lampiran 7). Dari hasil kuisisioner yang diberikan secara acak pada 20 orang memperlihatkan bahwa atribut mutu penting yang paling mempengaruhi penerimaan produk *crackers* adalah kerenyahannya (Gambar 17).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

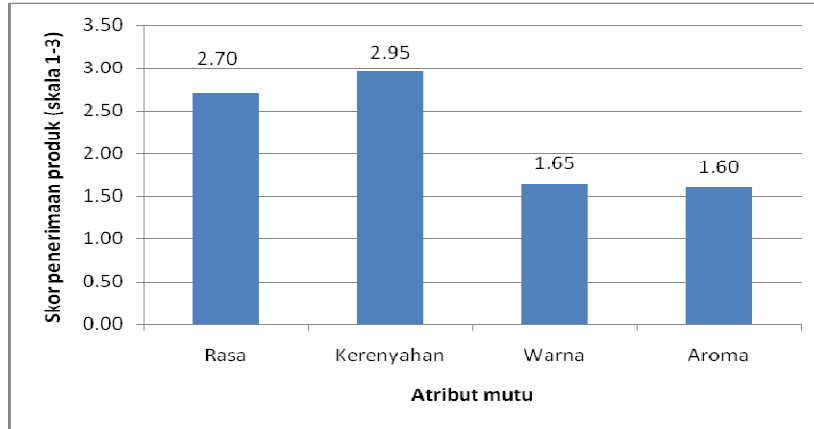
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 17 Atribut mutu yang mempengaruhi penerimaan *crackers*.

Uji organoleptik yang digunakan yaitu uji rating hedonik. Uji ini merupakan jenis uji afektif kuantitatif dimana penentuan respon sejumlah panelis melalui pengisian kuisioner berkaitan dengan kesukaan, preferensi dari satu atau keseluruhan atribut sensori. Data hasil penilaian organoleptik disajikan pada Lampiran 8-9.

- **Tekstur (kerenyahan)**

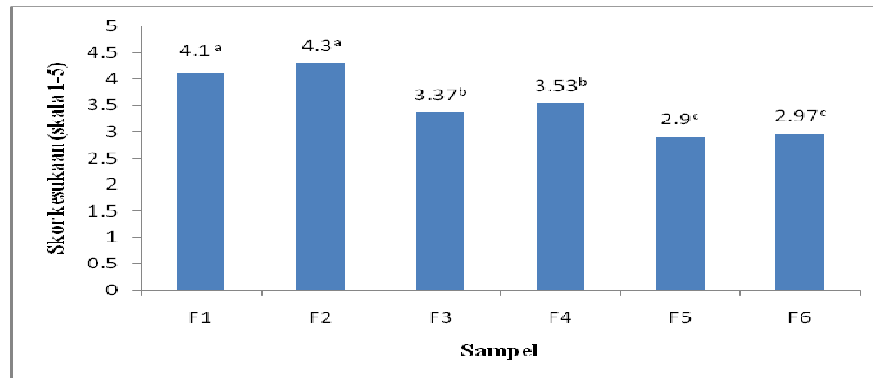
Tekstur pada makanan sangat ditentukan oleh kadar air, kandungan lemak, dan jumlah serta jenis karbohidrat dan protein yang menyusunnya. Penilaian terhadap tekstur dapat berupa kekerasan dan kerenyahan. *Crackers* yang baik memiliki tekstur yang renyah dan tidak keras. Tekstur yang dinilai dalam uji organoleptik ini adalah kerenyahan. Parameter yang mempengaruhi panelis dalam menilai kerenyahan adalah kecenderungan untuk pecah atau hancur di dalam kunyahan. Semakin renyah produk pangan tersebut, tingkat kekerasan akan semakin rendah. Secara grafik, hasil penilaian rata-rata skoring kesukaan tekstur keenam formula dapat dilihat pada Gambar 18.

Berdasarkan uji organoleptik, skor rata-rata kesukaan panelis terhadap tekstur (kerenyahan) *crackers* berkisar antara 2.90-4.30 atau tidak suka hingga suka. Sampel F1 (50:50) dan F2 (60:40) masing-masing mempunyai skor rata-rata 4.1 dan 4.3 yaitu suka. Sampel F3 (70:30) dan F4 (80:20) mempunyai skor rata-rata 3.37 dan 3.53 yaitu antara netral dan suka,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

sedangkan sampel F5 (90:10) dan F6 (100:0) mempunyai skor rata-rata 2.9 dan 2.97 yaitu antara tidak suka dan netral.



Keterangan: angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

- F1 = tepung jagung : tepung ketan (50:50)
- F2 = tepung jagung : tepung ketan (60:40)
- F3 = tepung jagung : tepung ketan (70:30)
- F4 = tepung jagung : tepung ketan (80:20)
- F5 = tepung jagung : tepung ketan (90:10)
- F6 = tepung jagung : tepung ketan (100:0)

Gambar 18 Nilai rata-rata kesukaan terhadap tekstur (kerenyahan).

Data yang diperoleh tersebut kemudian diolah dengan *Univariate ANOVA*. Dari tabel ANOVA *Test of Between-Subjects Effects* dapat dilihat bahwa atribut tekstur (kerenyahan) mempunyai nilai signifikansi sampel 0.000 (< 0.05). Hal ini berarti bahwa perlakuan formulasi berpengaruh nyata terhadap skor panelis terhadap tekstur sampel pada taraf nyata 5% (0.05). Oleh karena itu, dilakukan uji lanjut *Duncan Test* dimana pada tabel *Post Hoc Test* terlihat bahwa skor panelis terhadap keenam sampel terletak dalam *subset* yang berbeda. Sampel F1(50:50) dan F2 (60:40) tidak berbeda nyata ($F1 = F2$). Sampel F3 (70:30) dan F4 (80:20) tidak berbeda nyata ($F3 = F4$). Sampel F5 (90:10) dan F6 (100:0) tidak berbeda nyata ($F5 = F6$). Output data uji rating terhadap tekstur dari *Univariate ANOVA* dan uji lanjut *Duncan Test* dapat dilihat pada Lampiran 10.

Pengukuran tekstur dengan menggunakan alat *texture analyzer TA-XT2i* juga dilakukan pada keenam formula terhadap atribut kerenyahan dan kekerasan. Pengukuran ini dimaksudkan untuk melihat secara obyektif nilai

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

kerenyahan dan kekerasan pada enam formula *crackers*. Kerenyahan dan kekerasan dinyatakan dalam satuan *gram force*. Kerenyahan produk-produk makanan kering seperti *crackers* sering dikaitkan dengan sifat kekerasan, dimana semakin rendah kekerasan produk maka gaya yang dibutuhkan untuk memecahkan produk semakin kecil dan produk semakin renyah.

Nilai gaya dan jarak berbanding terbalik dengan tingkat kerenyahan sampel. Semakin tinggi nilai gaya yang dihasilkan maka semakin rendah nilai kerenyahan sampel. Demikian juga dengan nilai kekerasan, tingkat kekerasan yang rendah ditunjukkan dengan gaya deformasi yang semakin rendah. Gaya deformasi berkaitan dengan gaya yang dibutuhkan untuk memecah produk pangan. Gaya yang dibutuhkan yang tinggi menunjukkan bahwa produk tersebut memiliki tekstur yang keras. Hasil pengukuran nilai rata-rata kerenyahan dan kekerasan dari keenam formula tertera pada Tabel 26.

Tabel 26 Hasil pengukuran kerenyahan (gf), kekerasan (gf), dan jarak (mm) pada enam formula *crackers*

Sampel	Kerenyahan (gf)	Kekerasan (gf)	Jarak (mm)
F1	212.03 ^a	437.20 ^d	0.444
F2	250.80 ^a	384.73 ^d	0.595
F3	525.80 ^b	667.47 ^e	0.857
F4	535.23 ^b	704.13 ^e	0.622
F5	364.77 ^c	715.73 ^e	0.517
F6	582.53 ^b	749.17 ^e	0.636

Keterangan: angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

- F1 = tepung jagung : tepung ketan (50:50)
- F2 = tepung jagung : tepung ketan (60:40)
- F3 = tepung jagung : tepung ketan (70:30)
- F4 = tepung jagung : tepung ketan (80:20)
- F5 = tepung jagung : tepung ketan (90:10)
- F6 = tepung jagung : tepung ketan (100:0)

Berdasarkan data dapat diketahui bahwa tingkat kerenyahan tertinggi diperoleh dari sampel F1 (tepung jagung : tepung ketan = 50:50) sebesar 212.03 *gram force*, sedangkan tingkat kerenyahan terendah diperoleh dari sampel F6 (tepung jagung : tepung ketan = 100:0) sebesar

582.53 *gram force*. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada F6 (tepung jagung : tepung ketan = 100:0) sebesar 749.17 *gram force* dan nilai kekerasan terendah didapat dari F2 (tepung jagung : tepung ketan = 60:40) sebesar 384.73 *gram force*.

Hasil analisis ragam (ANOVA) (Lampiran 11-12) menunjukkan bahwa pada taraf kepercayaan 95% tingkat signifikansi sampel adalah 0.000 ($P < 0.05$). Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan nyata gaya (gf) yang dibutuhkan untuk mendeformasi sampel. Hasil uji lanjutan dengan Duncan pada nilai kerenyahan dan kekerasan (obyektif) menunjukkan bahwa sampel berada pada *subset* yang berbeda, hal ini berarti tingkat kerenyahan dan kekerasan *crackers* berbeda satu sama lain secara obyektif. Pada pengukuran kerenyahan, sampel F1 (50:50) dan F2 (60:40) terletak dalam satu *subset* ($F1 = F2$). Sampel F3 (70:30), F4 (80:20), F6 (100:0) terletak dalam satu *subset* ($F3 = F4 = F6$), sedangkan sampel F5 (90:10) berbeda nyata dengan kelima sampel lainnya. Pada pengukuran kekerasan, nilai gaya (gf) terletak pada dua *subset*, dimana sampel $F1 = F2$ dan sampel $F3 = F4 = F5 = F6$.

- **Keseluruhan (*overall*)**

Penggunaan parameter uji *overall* didasarkan pada proses pengembangan produk baru yang memerlukan penerimaan panelis terhadap produk secara keseluruhan. Hal ini bertujuan mengetahui sejauh mana produk baru tersebut dapat diterima.

Berdasarkan hasil pengujian organoleptik dapat diketahui bahwa tingkat kesukaan panelis tertinggi adalah *crackers* dengan komposisi tepung jagung dan tepung ketan 60:40 (% basis tepung) dengan skor rata-rata kesukaan sebesar 4.07. Tingkat kesukaan keseluruhan berkisar antara 3.17-4.07 atau netral sampai suka. Skor rata-rata kesukaan panelis terhadap atribut *overall* dapat dilihat pada Gambar 19.

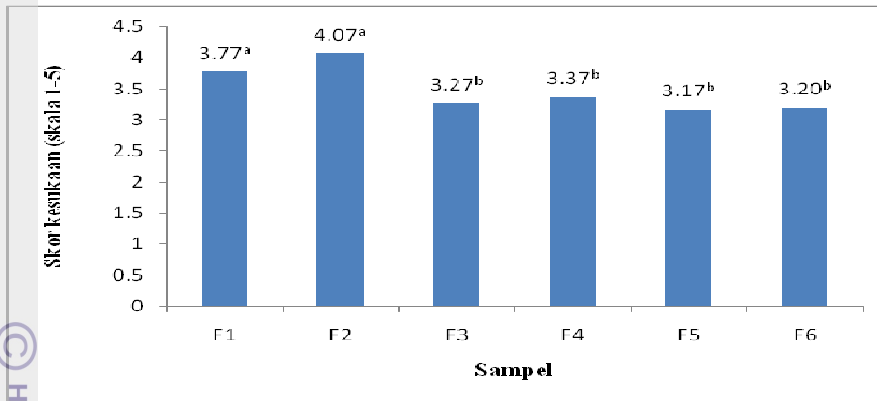
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Peterangan: angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

- F1 = tepung jagung : tepung ketan (50:50)
- F2 = tepung jagung : tepung ketan (60:40)
- F3 = tepung jagung : tepung ketan (70:30)
- F4 = tepung jagung : tepung ketan (80:20)
- F5 = tepung jagung : tepung ketan (90:10)
- F6 = tepung jagung : tepung ketan (100:0)

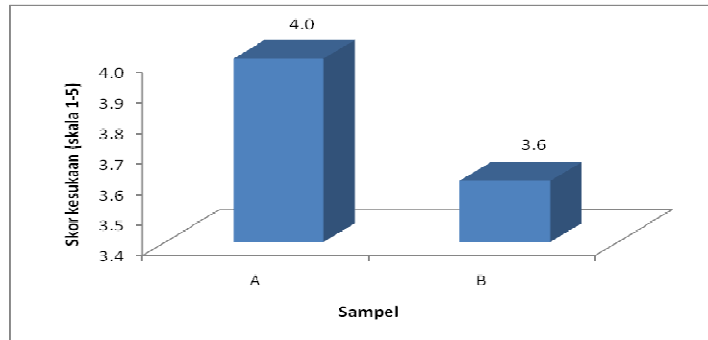
Gambar 19 Nilai rata-rata kesukaan secara *overall*.

Hasil analisis ragam (ANOVA) (Lampiran 13) menunjukkan bahwa perbedaan komposisi tepung jagung dan ketan yang digunakan pada pembuatan *crackers* berpengaruh nyata pada skor kesukaan panelis terhadap keseluruhan atribut sampel pada taraf nyata 5% (0.05). Hasil uji lanjutan Duncan yaitu pada tabel *Post Hoc Test* terlihat bahwa skor panelis terhadap keenam sampel terletak dalam dua *subset*. Sampel F3 (70:30), F4 (80:20), F5 (90:10), F6 (100:0) terletak dalam satu *subset* ($F3 = F4 = F5 = F6$). Sampel F1 (50:50) dan F2 (60:40) terletak dalam satu *subset* ($F1 = F2$). Sampel F1 (50:50) dan F2 (60:40) berbeda nyata dengan sampel F3 (70:30), F4 (80:20), F5 (90:10), dan F6 (100:0) ($(F1 = F2) \neq (F3 = F4 = F5 = F6)$).

Dari hasil pengujian organoleptik terhadap tekstur dan penerimaan secara keseluruhan (*overall*) dapat dilihat bahwa hasil rata-rata skor kesukaan tertinggi diperoleh pada sampel F2. Namun, hasil analisis Duncan menyatakan bahwa sampel F1 (tepung jagung : tepung ketan = 50:50) tidak berbeda nyata dengan sampel F2 (tepung jagung : tepung ketan = 60:40). Oleh karena itu, penentuan produk terpilih didasarkan pada formula yang memiliki basis tepung jagung terbanyak yaitu pada sampel F2 (60:40).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Setelah mendapatkan produk *crackers* terpilih yaitu *crackers* dengan perbandingan komposisi tepung jagung dan tepung ketan sebesar 60:40, dilakukan uji organoleptik secara *overall* dengan *crackers* yang terbuat dari 100% tepung ketan untuk melihat daya terima konsumen terhadap masing-masing produk. Formula pembuatan *crackers* ini hanya berbeda pada tepung yang digunakan. Grafik hasil uji rating hedonik tersebut dapat dilihat pada Gambar 20.



Keterangan: Sampel A (*crackers* dari tepung jagung : tepung ketan 60:40)
Sampel B (*crackers* dari tepung ketan 100%)

Gambar 20 Hasil uji rating hedonik sampel A dan B.

Pengolahan data uji rating hedonik dilakukan dengan menggunakan uji t yang terdapat pada Microsoft Excel. Hasil uji t menunjukkan $P(T \leq t)$ two-tail sebesar 0.0551 lebih besar dari taraf signifikansi yang digunakan (0.05) sehingga dapat disimpulkan bahwa kesukaan panelis terhadap kedua sampel tidak berbeda secara nyata pada taraf signifikansi 5% (Lampiran 14). Kedua produk *crackers* yang diuji dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21 *Crackers* 100% tepung ketan (kiri) dan *crackers* tepung jagung: tepung ketan 60:40 (kanan).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

d. Analisis Produk *Crackers* Terbaik

1) Tekstur

Uji obyektif tekstur dilakukan pada produk *crackers* jagung dan *rice crackers* komersial terhadap atribut kerenyahan dan kekerasan. Tingkat kerenyahan dan kekerasan diperoleh dari rata-rata tiga kali pengukuran dan dinyatakan dalam satuan *gram force* (gf). Uji ini dilakukan untuk melihat perbandingan nilai tekstur kedua jenis *crackers* secara obyektif.

- **Kerenyahan**

Crackers memiliki ciri utama berupa teksturnya yang renyah. Kerenyahan dipengaruhi oleh sejumlah air terikat pada matriks karbohidrat yang mempengaruhi pergerakan relatif dari daerah kristalin dan amorf (Piazza dan Massi 1997). Indera manusia dapat merasakan kerenyahan produk *snack* yang sebenarnya berkaitan dengan sifat kerapuhan (*fracturability*) produk akibat gaya tekan (Reputra 2009). Nilai kerenyahan *crackers* jagung dan *rice crackers* komersial dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27 Hasil pengukuran kerenyahan *crackers* jagung dan *rice crackers* komersial

Ulangan	Kerenyahan (gf)	
	<i>Crackers</i> jagung	<i>Rice crackers</i> komersial
1	264.7	483.5
2	243.7	314.0
3	244.0	359.5
Rataan	250.8	385.7

Berdasarkan data dapat diketahui bahwa tingkat kerenyahan *crackers* jagung dan *rice crackers* komersial berturut-turut sebesar 250.8 gf dan 385.7 gf. Jika dibandingkan, *crackers* jagung lebih mudah hancur akibat gaya tekan yang diberikan. Hal ini menandakan bahwa *crackers* jagung lebih renyah dibandingkan dengan *rice crackers* komersial. Kerenyahan *crackers* jagung disebabkan karena salah satu bahan bakunya adalah tepung ketan yang mempunyai kandungan amilopektin

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

yang tinggi. Amilopektin diketahui bersifat merangsang terjadinya proses *puffing* yang dapat membuat produk bersifat ringan, porous, garing, dan gampang patah (renyah) (Muchtadi *et al.* 1988).

- **Kekerasan**

Menurut Soekarto (1985), besarnya gaya yang dibutuhkan untuk membuat produk mengalami kerusakan menunjukkan nilai kekerasan suatu produk. Prinsip ini digunakan dalam pengukuran kekerasan dimana gaya tekan akan memecahkan produk padat. Nilai kekerasan *crackers* jagung dan *rice crackers* komersial dapat dilihat pada Tabel 28.

Tabel 28 Hasil pengukuran kekerasan *crackers* jagung dan *rice crackers* komersial

Ulangan	Kekerasan (gf)	
	<i>Crackers</i> jagung	<i>Rice crackers</i> komersial
1	343.6	1713.3
2	424.7	1767.1
3	385.9	2071.0
Rataan	384.7	1850.5

Berdasarkan data dapat diketahui bahwa tingkat kekerasan *crackers* jagung dan *rice crackers* komersial berturut-turut sebesar 384.7 gf dan 1850.5 gf. Jika dibandingkan, nilai kekerasan *crackers* jagung lebih rendah dibandingkan *rice crackers* komersial. *Crackers* yang terbuat dari *glutinous rice* (beras ketan) mempunyai tekstur yang halus dan mudah larut di dalam mulut. Di lain pihak, *rice crackers* komersial terbuat dari *non-glutinous rice* yang memiliki tekstur yang lebih keras dan agak kasar di mulut (Lusas dan Lloyd 2001). *Non-glutinous rice* mengandung amilosa yang lebih tinggi dibandingkan *glutinous rice* dimana kandungan amilosa yang tinggi cenderung menghasilkan produk yang keras dan pejal (Muchtadi *et al.* 1988).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2) Rasio pengembangan produk

Penentuan nilai rasio pengembangan produk dilakukan dengan membandingkan diameter dan ketebalan produk *crackers* sebelum dipanggang dengan diameter dan ketebalan setelah dipanggang. Berdasarkan data yang diperoleh, rata-rata nilai derajat pengembangan produk adalah sebesar 11.18%. Nilai ini menunjukkan bahwa secara umum produk tidak terlalu mengembang. Hal ini disebabkan karena oven yang digunakan pada proses pemanggangan kurang memberikan panas yang bekerja secara cepat pada adonan. Oven yang digunakan bersifat *natural convection*.

Fellows (1992) menyatakan proses pemanggangan melibatkan transfer massa dan panas/energi. Panas ditransfer dari udara dan permukaan oven yang panas ke dalam bahan pangan, sedangkan kandungan air (massa) dari bahan pangan ditransfer ke udara yang mengelilinginya, kemudian bersirkulasi di dalam oven dan secara konduksi melalui loyang tempat bahan pangan diletakkan. Panas tersebut ditransfer ke dalam bahan pangan melalui permukaan bahan pangan sehingga sebelum panas menyentuh bagian dalam *crackers*, bagian luar telah mengalami pemanasan terlebih dahulu. Hal ini mengakibatkan panas kurang dapat berinteraksi dengan bagian dalam *crackers* dalam waktu yang terbatas. Oleh karena itu, rasio pengembangan pada *crackers* yang dipanggang relatif lebih kecil. Selain itu, menurut Takeuchi (1969) dalam Pratiwi (2008) menyatakan bahwa protein dan pati membentuk kompleks ketika terjadi gelatinisasi. Hal ini menunjukkan protein dalam jagung kurang mampu untuk membentuk matriks dengan pati yang dapat menahan keluarnya gas yang dihasilkan oleh bahan pengembang (*baking powder*), tidak seperti protein pada terigu yang mampu membentuk struktur gluten dimana struktur gluten mampu memerangkap udara.

3) Warna (Hunter)

Warna mempunyai arti dan peranan penting pada produk pangan di antaranya seperti perinci jenis, tanda-tanda pematangan buah, tanda-tanda kerusakan, dan lain-lain. Warna makanan yang menarik dapat

mempengaruhi selera konsumen dan membangkitkan selera makan, bahkan warna dapat menjadi petunjuk bagi kualitas makanan yang dihasilkan. Warna dalam suatu produk pangan umumnya dipengaruhi oleh bahan baku dan proses pengolahan.

Nilai L menunjukkan tingkat kecerahan sampel. Semakin cerah sampel yang diukur, maka nilai L akan mendekati 100. Nilai L pada produk *crackers* ini yaitu sebesar 73.20. Penurunan tingkat kecerahan ini disebabkan karena adanya proses pemanggangan dimana suhu yang tinggi pada pemanggangan dapat menyebabkan warna menjadi lebih gelap. Notasi a menyatakan nilai kromatik campuran merah-hijau, dengan nilai $+a$ (positif) untuk warna merah dan nilai $-a$ (negatif) untuk warna hijau. Nilai a pada produk *crackers* yaitu sebesar $+6.60$ yang berarti produk cenderung berwarna merah. Notasi b menyatakan warna kromatik campuran biru-kuning dengan nilai $+b$ (positif) untuk warna kuning dan $-b$ (negatif) untuk warna biru. Nilai b produk sebesar $+38.93$. Hal ini menunjukkan bahwa produk cenderung berwarna kuning. Data ^0Hue pada produk menunjukkan nilai 80.40 yang berarti produk *crackers* mempunyai kisaran warna kuning kemerahan dengan kecenderungan warna kuning.

4) Pengukuran aktivitas air

Aktivitas air (a_w) menggambarkan jumlah air bebas yang dapat menunjang reaksi biologis atau kimiawi. Aktivitas air merupakan parameter yang penting untuk menunjukkan kebutuhan air atau hubungan air dengan mikroorganisme dan aktivitas enzim. Nilai a_w ini mempengaruhi daya tahan produk terhadap serangan mikroba (Winarno 1992). Semakin tinggi nilai a_w suatu bahan, semakin tinggi pula kemungkinan tumbuhnya jasad renik dalam bahan pangan tersebut (Syarief dan Hariyadi 1993). Hasil pengukuran dengan a_w -meter menunjukkan bahwa rata-rata nilai a_w awal produk *crackers* adalah 0.470 pada suhu pengukuran 30.2^0C . *Crackers* merupakan salah satu produk pangan yang memiliki umur simpan relatif lama karena memiliki nilai a_w

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

rendah sehingga jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroba untuk pertumbuhannya juga rendah.

5) Analisis kimia produk

Untuk mengetahui kandungan gizi yang terdapat pada *crackers*, maka dilakukan analisis kimia pada produk. Analisis kimia produk yang dilakukan adalah analisis proksimat, serat kasar, pati, amilosa, dan amilopektin. Selain itu juga dilakukan penghitungan nilai energi yang terkandung di dalam *crackers*. Hasil analisis kimia produk *crackers* terbaik dapat dilihat pada Tabel 29.

Tabel 29 Hasil analisis kimia produk *crackers* terpilih

Komponen	Jumlah	
	% Basis basah	% Basis kering
Air	4.67	4.90
Abu	1.90	1.98
Protein	5.36	5.57
Lemak	7.46	7.80
Karbohidrat	80.61	84.65
Serat kasar	1.50	1.56
Pati	58.98	—
*Amilosa	16.98	—
*Amilopektin	42.00	—

- **Kadar air**

Air merupakan komponen penting dalam bahan pangan karena dapat mempengaruhi tekstur, penampakan, dan citarasa makanan. Kandungan air dalam bahan pangan juga ikut menentukan daya terima, kesegaran, dan daya tahan produk. Produk *crackers* mempunyai kadar air yang relatif rendah yaitu sebesar 4.67% (b/b) atau 4.90% (b/k). Kadar air yang rendah dan pengemasan yang baik memungkinkan aktivitas mikroba akan terhambat sehingga *crackers* relatif memiliki keawetan yang tinggi. Kadar air pada produk *crackers* merupakan karakteristik kritis yang akan mempengaruhi penerimaan konsumen karena kadar air ini menentukan tekstur (krenyahan) *crackers*. Kandungan air yang tinggi membuat *crackers* tidak renyah dan

teksturnya kurang disukai. Jika dibandingkan dengan syarat biskuit dimana kadar airnya maksimal sebesar 5% (b/b) maka kadar air *crackers* masih memenuhi syarat.

- **Kadar abu**

Abu merupakan residu anorganik dari proses pembakaran bahan-bahan organik. Abu terdiri dari dari bermacam-macam mineral serta partikel halus dan berwarna putih. Kadar abu yang terdapat dalam suatu produk pangan menunjukkan jumlah kandungan mineral (Faridah *et al.* 2008). Kadar abu produk *crackers* yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah 1.90% (b/b) atau 1.98% (b/k).

- **Kadar protein**

Protein merupakan suatu zat makanan yang sangat penting bagi tubuh. Hal ini karena protein berfungsi sebagai zat pembangun dan pengatur serta sebagai bahan bakar dalam tubuh. Selama proses pencernaan, protein akan diubah menjadi asam-asam amino (unit penyusun protein) yang kemudian diserap oleh tubuh. Pada umumnya, kadar protein dalam bahan pangan menentukan mutu bahan pangan tersebut. Dari hasil analisis diperoleh kadar protein *crackers* sebesar 5.36% (b/b) atau 5.57% (b/k). Jika dibandingkan dengan persyaratan kadar protein minimum biskuit terigu yang terdapat pada SNI 01-2973-1992 yaitu 9% (b/b), maka kadar protein *crackers* yang dihasilkan pada penelitian ini masih tergolong rendah. Rendahnya kadar protein pada produk ini dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu kandungan protein tepung jaguh yang memang berada di bawah kandungan protein tepung terigu (biskuit *crackers* pada umumnya dibuat dengan bahan dasar tepung terigu jenis *hard* dengan kandungan protein 11-12%) dan kurangnya sumber protein tambahan pada bahan penyusun *crackers* selain tepung.

- **Kadar lemak**

Matz (1978) menyatakan bahwa lemak dapat memperbaiki struktur fisik seperti pengembangan, kelembutan tekstur, dan aroma. Kadar lemak

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

pada produk *crackers* yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 7.46% (b/b) atau 7.80% (b/k). Kadar lemak biskuit terigu minimum yang ditetapkan dalam SNI 01-2973-1992 adalah 9.5%. Apabila dibandingkan, kadar lemak *crackers* masih berada di bawah persyaratan kadar lemak minimum pada SNI. Kandungan lemak yang rendah disebabkan karena sedikitnya penambahan lemak/minyak pada produk.

- **Kadar karbohidrat**

Karbohidrat merupakan sumber kalori utama bagi manusia. Karbohidrat juga mempunyai peranan penting dalam menentukan karakteristik bahan makanan misalnya rasa, warna, dan tekstur. Komponen karbohidrat yang banyak terdapat pada produk pangan adalah pati, gula, pektin, dan selulosa. Penentuan kadar karbohidrat dalam analisis proksimat dilakukan secara *by difference*. Kadar karbohidrat *crackers* cukup tinggi. Hasil perhitungan menunjukkan kadar karbohidrat *crackers* adalah sebesar 80.61% (b/b) atau 84.65% (b/k). Kandungan karbohidrat yang tinggi dapat menjadikan produk ini sebagai sumber energi.

- **Kadar serat kasar**

Serat kasar sangat penting dalam penilaian kualitas bahan makanan karena angka ini merupakan indeks dan menentukan nilai gizi bahan makan tersebut. Ditinjau dari segi pencernaan dalam sistem pencernaan manusia, karbohidrat terbagi atas karbohidrat yang dapat dicerna seperti glukosa, fruktosa, sukrosa, pati, glikogen, dekstrin dan yang tidak dapat dicerna yaitu berupa polisakarida penguat tekstur. Kelompok polisakarida penguat tekstur banyak mengandung serat yang dapat mempengaruhi proses pencernaan. Serat dibedakan menjadi dua jenis yaitu serat kasar yang disusun oleh selulosa, lignin, dan sebagian kecil hemiselulosa serta serat pangan (*dietary fiber*) terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, dan substansi pektat (Lopulalan 2008).

Kadar serat kasar *crackers* yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 1.50% (b/b) atau 1.56 (b/k). Jika dibandingkan dengan persyaratan mutu serat kasar biskuit terigu pada SNI (maksimum 0.5%), kadar serat

kasar *crackers* ini masih tergolong cukup besar. Hal ini disebabkan oleh kandungan serat kasar yang berasal dari tepung jagung cukup besar sebagai salah satu bahan baku *crackers*.

- **Kadar pati, amilosa, dan amilopektin**

Pati merupakan sumber utama karbohidrat dalam pangan. Pati biasa berbentuk sebagai partikel diskret yang disebut granula. Diperkirakan 60-70% asupan kalori manusia berasal dari pati (Robyt 2008). Hasil analisis kadar pati pada *crackers* yaitu sebesar 58.98%. Tingginya kadar pati pada *crackers* disebabkan karena bahan baku utama produk yang berupa tepung yaitu tepung jagung dan tepung ketan. Namun, kadar pati produk tidak sebanding atau mendekati kadar karbohidrat produk. Hal ini disebabkan karena sulitnya mendapatkan pati yang betul-betul murni dan terbebas dari senyawa/komponen lain dalam produk sehingga penentuan jumlah pati yang sebenarnya dalam produk menjadi sangat sulit (Sudarmadji *et al.* 2003).

Amilosa dan amilopektin merupakan komponen utama pati yang berperan sebagai rangka struktur pati. Kadar amilosa *crackers* yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 16.98%. Kandungan amilopektin yang terdapat dalam produk diperoleh dengan cara menghitung selisih antara kadar pati produk dengan kadar amilosanya. Kadar amilopektin yang diperoleh pada produk *crackers* yaitu 42.00%.

- **Nilai energi *crackers***

Almatsier (2002) menyatakan bahwa manusia membutuhkan energi untuk mempertahankan hidup, menunjang pertumbuhan, dan melakukan aktivitas fisik. Nilai energi merupakan nilai yang diperoleh dari konversi protein, lemak, dan karbohidrat menjadi energi. Sumber energi terbesar adalah lemak yang menghasilkan 9 kkal energi per gram, sedangkan karbohidrat dan protein menghasilkan energi sebesar 4 kkal per gram. Kandungan energi *crackers* merupakan total energi yang dihasilkan dari protein, lemak, dan karbohidrat (setelah dikurangi kadar serat kasar) yang terkandung dalam *crackers*. Berdasarkan hasil perhitungan, maka didapatkan nilai energi per 100 gram *crackers* sebesar 405.02 kkal. Nilai

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

kalori minimum biskuit yang ditetapkan oleh SNI 01-2973-1992 adalah 400 kal/100g, sehingga dapat dikatakan bahwa nilai energi produk *crackers* telah memenuhi syarat mutu yang ditetapkan. Pada *crackers* ini, komponen gizi yang memberikan nilai energi terbesar adalah karbohidrat yang kandungannya cukup tinggi.

Secara keseluruhan, jika dibandingkan dengan persyaratan mutu biskuit terigu pada SNI, kandungan gizi pada *crackers* memang berbeda. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kandungan gizi yang dimiliki oleh bahan baku penyusunnya. Pada dasarnya, perbedaan nilai gizi yang dikandung oleh *crackers* hasil penelitian terhadap SNI tidak menjadi suatu permasalahan. Namun, jika ingin meningkatkan nilai gizi *crackers* dapat dilakukan reformulasi sehingga diperoleh komposisi gizi yang dapat meningkatkan nilai tambah *crackers* ini.

Umur Simpan Produk

a. Atribut Utama dan Kerusakan Produk *Crackers*

Mutu dari produk *crackers* berhubungan dengan atribut utama yang dimiliki oleh *crackers* sehingga *crackers* dapat diterima oleh konsumen. Oleh karena itu sangat penting untuk mengetahui atribut yang dimiliki oleh *crackers*. Penentuan atribut utama *crackers* dilakukan dengan pengisian kuisioner terhadap 30 panelis dengan mengurutkan atribut mutu warna, aroma, rasa, dan tekstur (kerenyahan). Hasil kuisioner dapat dilihat pada Gambar 22. Berdasarkan uji statistik dengan *Friedman Test* menunjukkan bahwa atribut rasa merupakan atribut utama produk *crackers* (memiliki skor ranking terendah). Namun, diperoleh nilai *Asymp. Sig* (0.000) lebih kecil dari taraf signifikansi yang digunakan (0.05) yang berarti keempat atribut mutu produk berbeda nyata pada taraf 5%. Uji LSD rank (*Least Significant Difference*) dilakukan sebagai uji lanjutan dan hasil uji LSD rank menunjukkan bahwa atribut rasa dan kerenyahan tidak berbeda pada taraf 5% (Lampiran 15). Oleh karena itu, atribut kerenyahan dan rasa merupakan atribut utama produk *crackers*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

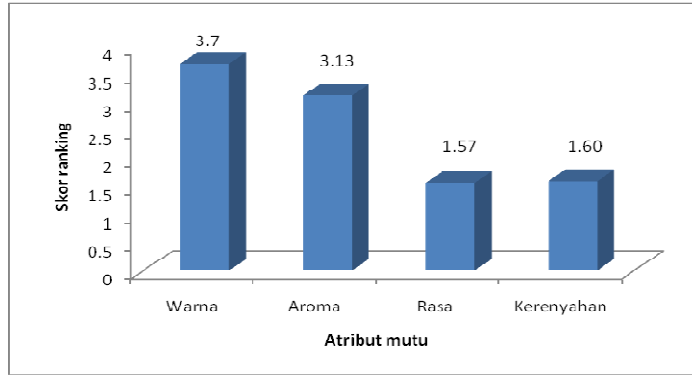
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

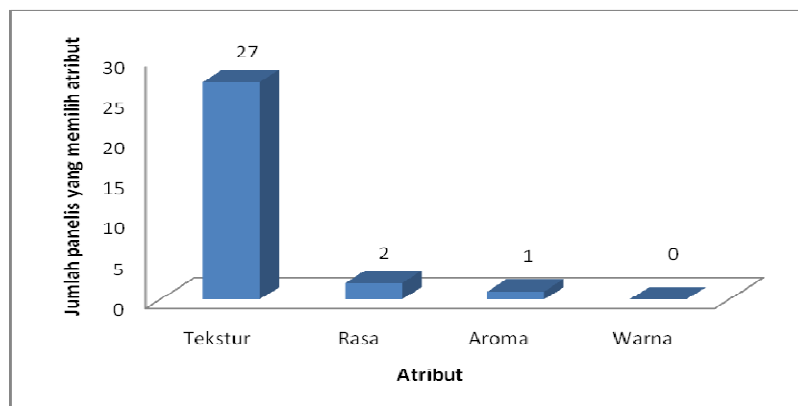
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 22 Atribut *crackers* berdasarkan hasil kuisisioner.

Penentuan atribut kerusakan produk dilakukan dengan meminta panelis untuk memilih salah satu atribut yang paling menentukan kerusakan *crackers* secara umum sehingga produk tersebut ditolak oleh konsumen. Menurut Arpah (2001), tekstur merupakan atribut utama yang mudah diidentifikasi oleh konsumen bila produk biskuit sudah mengalami penurunan mutu. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penyebab kerusakan produk biskuit adalah hilangnya kerenyahan akibat kenaikan kadar air produk. Hal ini sangat sesuai dengan hasil kuisisioner yang menyatakan atribut tekstur adalah penyebab kerusakan produk *crackers*. Hasil kuisisioner terhadap atribut kerusakan mutu *crackers* dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23 Parameter kritis kerusakan produk *crackers*.

Kadar Air Kesetimbangan dan Kurva Sorpsi Isotermis

Kadar air kesetimbangan diperlukan dalam membuat kurva sorpsi isotermis. Kadar air ini diperoleh dengan cara menyimpan *crackers* dalam enam

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

desikator yang berisi beberapa jenis larutan garam jenuh dengan nilai kelembaban relatif (RH) yang bervariasi. Nilai RH pada garam jenuh diukur dengan menggunakan a_w -meter. Nilai RH larutan garam jenuh pada penelitian agak berbeda dengan literatur karena kemurnian garam yang digunakan berbeda.

Interaksi molekul air dengan sampel terjadi karena perbedaan RH sampel dan lingkungan (desikator). Transfer uap air dari lingkungan ke sampel atau sebaliknya akan terjadi selama penyimpanan tertentu sampai terjadi kondisi kesetimbangan. Proses difusi yang terjadi sebelum akhirnya tekanan uap air bahan sama dengan tekanan uap air lingkungannya dapat terjadi secara adsorpsi dan desorpsi. Proses adsorpsi adalah proses penyerapan uap air oleh bahan dari lingkungan, sedangkan proses desorpsi adalah proses pelepasan uap air bahan ke lingkungan. Penambahan dan penurunan berat sampel menunjukkan fenomena karakteristik hidrasi. Hasil penimbangan yang konstan adalah indikator tercapainya kondisi kesetimbangan. Kadar air kesetimbangan hasil percobaan dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air kesetimbangannya dapat dilihat pada Tabel 30.

Tabel 30 Kadar air kesetimbangan (Me) *crackers* dan waktu pencapaiannya di beberapa RH penyimpanan

RH (%)*	RH terukur (%)	Ulangan 1		Ulangan 2	
		Me**	Waktu (hari)	Me**	Waktu (hari)
11	18.7	3.08	5	3.32	5
32	38.0	4.69	6	4.71	6
69	68.8	11.79	7	12.55	6
75	76.9	13.86	7	15.21	7
84	81.1	16.71	7	19.34	7
90	87.9	24.94	9	26.87	9

* Sumber: Spiess and Wolf (1987)

**Me = kadar air kesetimbangan dalam (% b/k)

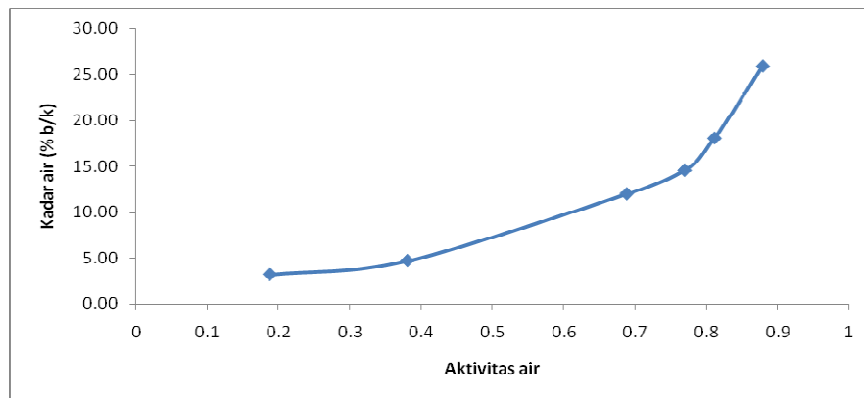
Data pada Tabel 30 menunjukkan bahwa kadar air kesetimbangan *crackers* tercapai setelah disimpan 5-9 hari. Semakin tinggi RH penyimpanan maka waktu yang diperlukan *crackers* untuk mencapai

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

keadaan setimbang dengan lingkungan akan semakin lama. Laju difusi uap air untuk mencapai keadaan setimbang antara *crackers* dan lingkungan penyimpanan akan diimbangi dengan penurunan/ peningkatan kadar air *crackers*.

Kadar air kesetimbangan ini masing-masing diplotkan dengan kelembaban relatifnya atau aktivitas airnya sehingga akan membentuk suatu kurva yang disebut sebagai kurva sorpsi isoteremis. Kurva sorpsi isoteremis produk *crackers* hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 24. Pada gambar terlihat bahwa kurva mempunyai bentuk sigmoid (bentuk huruf S) meskipun tidak sigmoid sempurna.



Gambar 24 Kurva sorpsi isoteremis produk *crackers*.

c. Penentuan Kadar Air Kritis

Penyebab utama kerusakan *crackers* telah ditetapkan yaitu kehilangan kerenyahan saja. Penurunan kerenyahan *crackers* dipengaruhi oleh bertambahnya kadar air *crackers* akibat dari penyerapan uap air dari lingkungan. Oleh karena itu, dalam hal ini kadar air kritis diartikan sebagai kadar air dimana kerenyahan produk sudah tidak dapat diterima lagi oleh konsumen. Penentuan kadar air kritis *crackers* dalam penelitian ini dilakukan dengan cara menyimpan *crackers* tanpa kemasan pada suhu kamar di ruangan terbuka dengan kisaran RH 80-90% selama 5 hari. Uji organoleptik yang dilakukan dalam penentuan kadar air kritis ini adalah uji hedonik dan rating tekstur terhadap kerenyahan *crackers* selama penyimpanan dengan menggunakan 30 panelis semi terlatih. Selain itu, juga

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

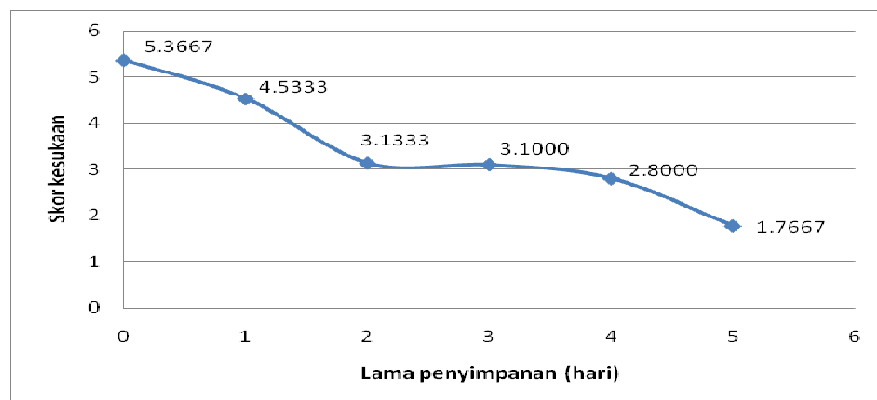
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ditanyakan sejauh mana perbedaannya terhadap kontrol yang diberikan (produk *crackers* yang tidak mengalami perlakuan penyimpanan), apakah masih bisa diterima atau tidak.

Metode ini merupakan metode yang relatif baru, dimana biasanya penentuan kadar air kritis dilakukan dengan menyimpan produk pada beberapa RH tertentu selama waktu tertentu dan diujikan tingkat kerenyahannya pada panelis. Namun, prinsip yang digunakan sama dengan penentuan kadar air kritis yang telah biasa dilakukan, yaitu kadar air kritis akan tercapai pada saat panelis mulai tidak menerima produk secara organoleptik. Alasan pemilihan metode ini adalah karena metode ini dianggap lebih cepat dan mudah (Fitria 2007).

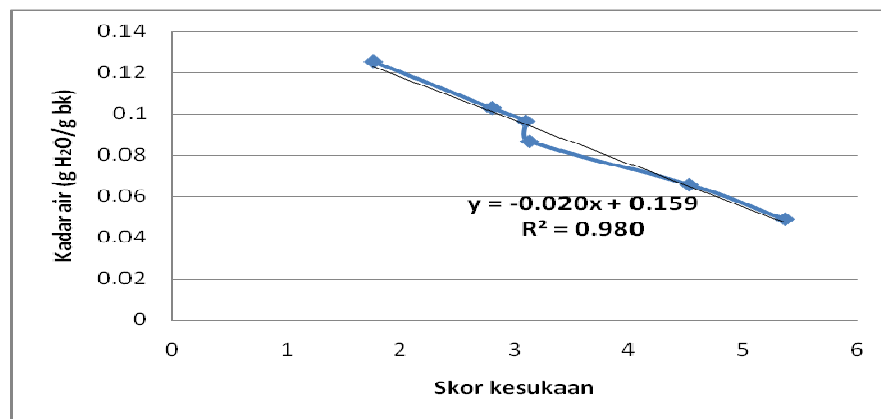
- **Uji rating hedonik**

Berdasarkan hasil uji organoleptik terhadap produk *crackers* yang dapat dilihat pada Gambar 25, skor kesukaan (hedonik) panelis terhadap kerenyahan *crackers* akan menurun dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Panelis masih menyukai kerenyahan sampel *crackers* hasil penelitian pada penyimpanan hari pertama dengan skor kesukaan rata-rata 4.53 yaitu dari netral hingga agak suka dan sudah tidak dapat lagi menerima kerenyahan *crackers* saat sampel disimpan pada hari kedua dengan skor rata-rata 3.13 yaitu agak tidak suka. Skor terendah dimiliki oleh *crackers* yang telah mengalami penyimpanan selama 5 hari.



Gambar 25 Hubungan lama penyimpanan *crackers* dengan skor kesukaan.

Kadar air kritis *crackers* ditentukan pada saat kerenyahan *crackers* tidak dapat diterima oleh konsumen. Kondisi tersebut ditetapkan pada saat kesukaan panelis berada pada taraf agak tidak suka (skor 3). Taraf agak tidak suka digunakan sebagai batas minimal penolakan konsumen terhadap kerenyahan *crackers*. Hal ini disebabkan karena pada kondisi ini produk dianggap sudah mulai ditolak konsumen dan kondisi ini harus diwaspadai untuk menjamin kepuasan dan kenyamanan konsumen serta meminimalkan risiko kerusakan produk. Penentuan kadar air kritis *crackers* didasarkan pada linierisasi kurva hubungan kadar air *crackers* dengan skor kesukaan panelis seperti yang terlihat pada Gambar 26. Berdasarkan hasil penelitian, kadar air kritis *crackers* dengan uji rating hedonik adalah 0.0990 g H₂O/g bk. Rekapitulasi penentuan kadar air kritis dengan uji hedonik dapat dilihat pada Lampiran 16.



Gambar 26 Penentuan kadar air kritis *crackers* uji rating hedonik.

- **Uji rating tekstur**

Berdasarkan hasil uji organoleptik, skor rating kerenyahan *crackers* akan semakin menurun sebanding dengan lama penyimpanan *crackers* (Gambar 27). Pengujian rating terhadap kerenyahan produk menunjukkan bahwa panelis masih dapat menerima kerenyahan pada penyimpanan hari pertama dengan skor rata-rata 4.57 yaitu netral sampai agak renyah. Panelis tidak dapat menerima kerenyahan produk pada saat sampel telah mengalami penyimpanan selama 2 hari dengan skor rata-rata 3.2 yaitu agak tidak renyah. Hal ini serupa dengan hasil uji hedonik terhadap kerenyahan produk *crackers* dimana panelis tidak

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

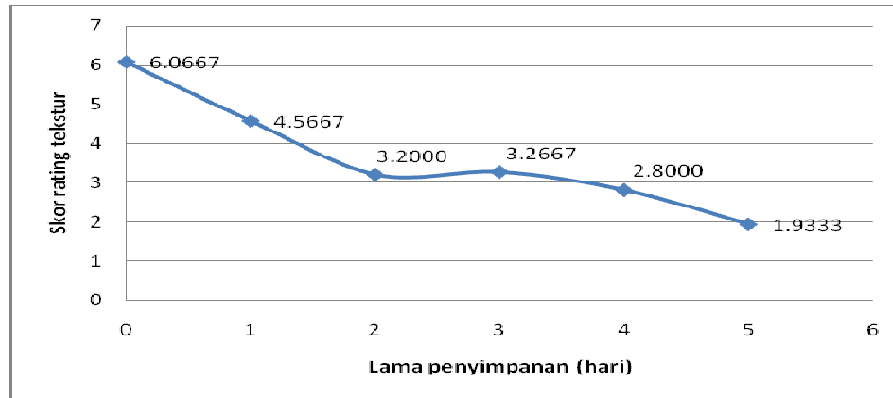
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

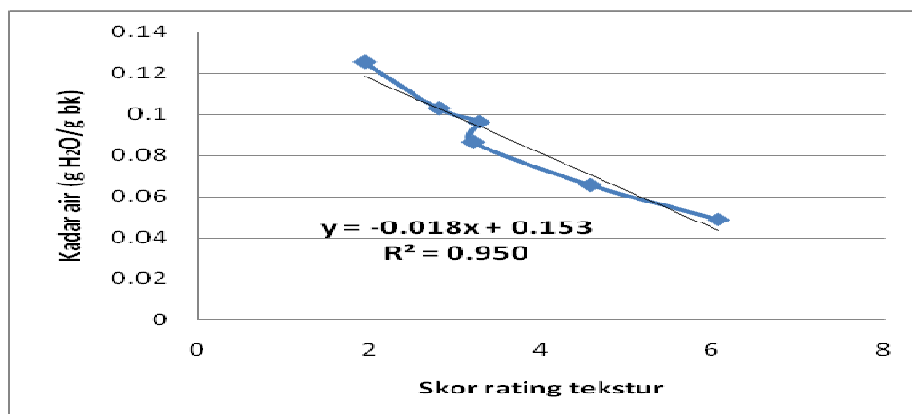
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

menyukai kerenyahan produk pada penyimpanan hari kedua. Skor terendah dimiliki oleh *crackers* yang telah mengalami penyimpanan selama 5 hari.



Gambar 27 Hubungan lama penyimpanan *crackers* dengan skor rating tekstur.

Kadar air kritis *crackers* ditentukan pada saat kerenyahan *crackers* tidak dapat diterima oleh konsumen. Kondisi tersebut ditetapkan pada saat skor ratingnya adalah 3 (agak tidak renyah). Penentuan kadar air kritis *crackers* didasarkan pada linierisasi kurva hubungan kadar air *crackers* dengan skor rating kerenyahan seperti yang terlihat pada Gambar 28. Berdasarkan hasil penelitian, kadar air kritis *crackers* dengan uji rating tekstur adalah 0.0990 g H₂O/g bk. Data uji hedonik dan uji rating tekstur *crackers* dapat dilihat pada Lampiran 17. Rekapitulasi penentuan kadar air kritis dengan uji rating tekstur dapat dilihat pada Lampiran 18. Kadar air kritis berdasarkan uji hedonik dan uji rating tekstur pada penelitian ini mempunyai nilai yang tidak berbeda.



Gambar 28 Penentuan kadar air kritis *crackers* uji rating tekstur.

Pada pengujian organoleptik juga ditanyakan penilaian panelis terhadap sampel yang dibandingkan dengan kontrol yang diberikan terhadap parameter kerenyahan. Hasil penilaian menunjukkan bahwa sampel mulai tampak adanya perbedaan yang sudah mulai tidak dapat diterima pada perlakuan penyimpanan hari kedua (Lampiran 19). Pada saat kadar air kritis, *crackers* mencapai nilai kerenyahan 699.9 gf. Hal ini menandakan bahwa semakin lama penyimpanan pada produk *crackers* hasil penelitian, gaya yang dibutuhkan untuk mendeformasi produk lebih besar (produk menjadi lebih alot karena adanya penyerapan uap air).

d. Model Sorpsi Isotermis

Kemulusan kurva yang tinggi dihasilkan melalui pemodelan persamaan kurva sorpsi isotermis dari kadar air kesetimbangan yang didapatkan. Banyak model-model persamaan matematis yang telah dikembangkan untuk menjelaskan fenomena sorpsi isotermis secara teoritis. Namun, dalam penelitian ini hanya akan dipilih 5 model persamaan matematis yaitu model Hasley, Chen-Clayton, Henderson, Caurie, dan Oswin. Model-model persamaan ini dipilih karena dapat menggambarkan kurva sorpsi isotermis pada jangkauan nilai aktivitas air (a_w) yang luas dan memiliki parameter kurang atau sama dengan tiga sehingga lebih sederhana dan mudah diselesaikan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Labuza (1982) bahwa jika tujuan penggunaan kurva sorpsi isotermis adalah untuk mendapatkan kemulusan kurva (*curve fitting*) yang tinggi maka model persamaan yang sederhana dan lebih sedikit jumlah parameternya lebih cocok digunakan.

Selanjutnya model-model persamaan matematis yang digunakan dimodifikasi bentuknya dari persamaan non linear menjadi persamaan linear sehingga dapat ditentukan nilai-nilai tetapannya dengan menggunakan metode kuadrat terkecil untuk mempermudah perhitungan. Menurut Walpole (1995) didalam Fitria (2007), metode kuadrat terkecil dapat memilih suatu garis regresi terbaik di antara semua kemungkinan garis lurus yang dapat dibuat pada suatu diagram pencar. Contoh

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

perhitungan penentuan konstanta model persamaan sorpsi isothermis dapat dilihat pada Lampiran 20. Model persamaan kurva sorpsi isothermis produk dapat dilihat pada Tabel 31.

Tabel 31 Persamaan kurva sorpsi isothermis *crackers*

Model	Persamaan
Hasley	$\log (\ln (1 / a_w)) = -1.572 - 1.195 \log M_e$
Chen-Clayton	$\ln (\ln (1 / a_w)) = 0.535 - 11.05 M_e$
Henderson	$\log (\ln (1 / (1 - a_w))) = 1.026 + 1.080 \log M_e$
Caurie	$\ln M_e = -4.085 + 2.934 a_w$
Oswin	$\ln M_e = -2.626 + 0.618 \ln (a_w / (1 - a_w))$

Keterangan: Nilai di atas berdasarkan rata-rata 2 kali ulangan kadar air kesetimbangan

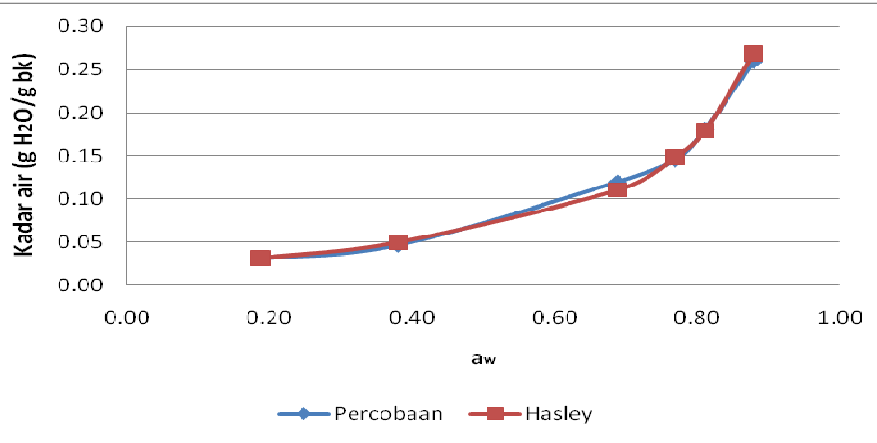
Kadar air kesetimbangan *crackers* kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan model-model kurva sorpsi isothermis diatas. Hasil perhitungan kadar air kesetimbangan *crackers* dengan menggunakan model-model persamaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 32, sedangkan untuk kurva sorpsi isothermis dari masing-masing model persamaan yang dibandingkan dengan kurva sorpsi isothermis hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 29 sampai 33.

Tabel 32 Penentuan kadar air kesetimbangan (M_e) berdasarkan model sorpsi isothermis

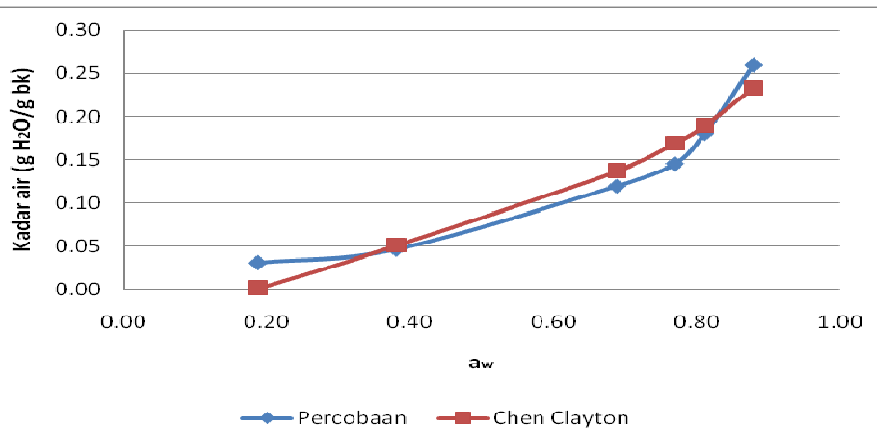
Kadar air kesetimbangan (% b/k)						
a_w	Percobaan*	Hasley	Chen Clayton	Henderson	Caurie	Oswin
0.187	3.20	3.14	0.16	2.61	2.91	2.92
0.380	4.70	4.97	5.14	5.67	5.13	5.35
0.688	11.99	11.01	13.74	12.92	12.66	11.80
0.769	14.53	14.80	16.94	15.98	16.06	15.22
0.811	18.05	17.89	18.99	18.00	18.17	17.80
0.879	25.91	26.85	23.38	22.42	22.18	24.65

Keterangan: * Hasil rata-rata dari dua ulangan penentuan kadar air kesetimbangan

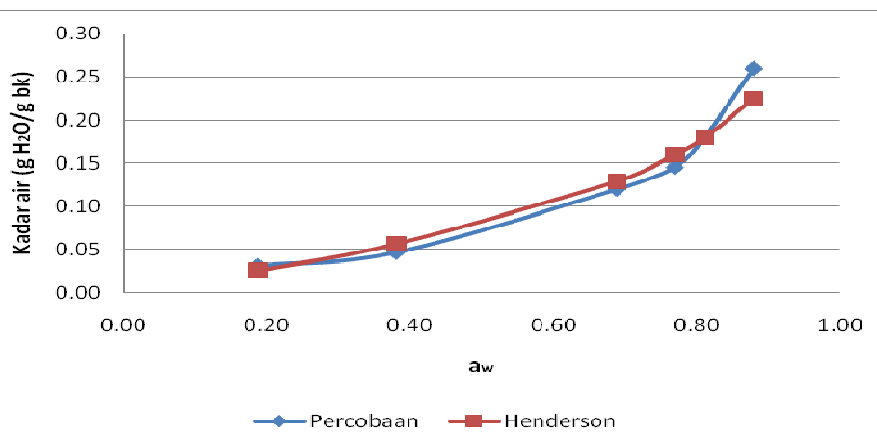
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 29 Perbandingan kurva sorpsi isoteremis *crackers* hasil percobaan dengan model Hasley.



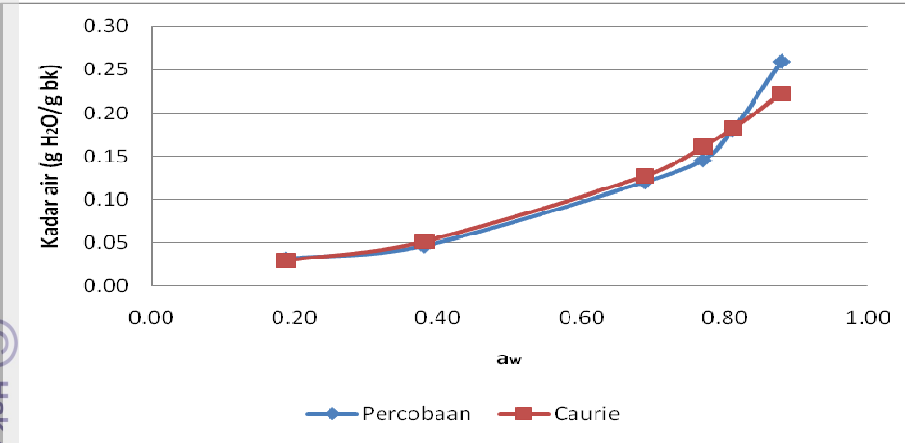
Gambar 30 Perbandingan kurva sorpsi isoteremis *crackers* hasil percobaan dengan model Chen Clayton.



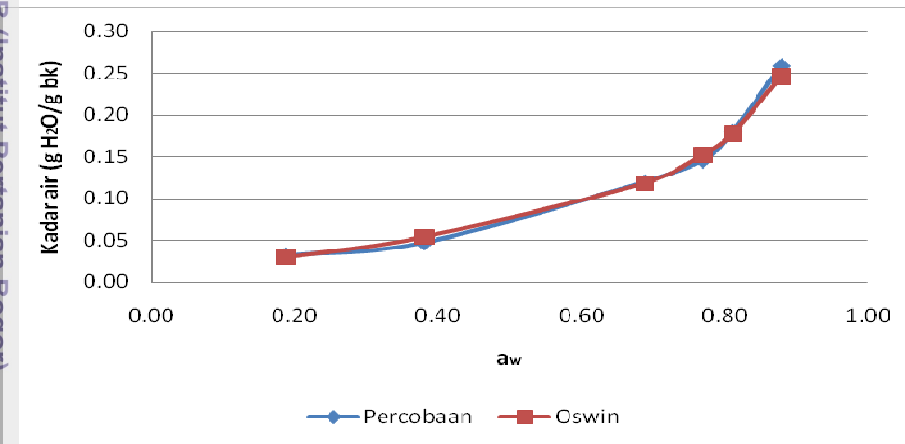
Gambar 31 Perbandingan kurva sorpsi isoteremis *crackers* hasil percobaan dengan model Henderson.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 32 Perbandingan kurva sorpsi isoteremis *crackers* hasil percobaan dengan model Caurie.



Gambar 33 Perbandingan kurva sorpsi isoteremis *crackers* hasil percobaan dengan model Oswin.

Perbandingan kurva sorpsi isoteremis hasil percobaan dengan model-model sorpsi isoteremis yang dipilih memperlihatkan bahwa beberapa model sorpsi isoteremis dapat menggambarkan keseluruhan kurva sorpsi isoteremis hasil percobaan dengan tepat, agak tepat, dan kurang tepat. Semakin berhimpit antara kurva sorpsi isoteremis percobaan dengan kurva isoteremis model-model persamaan, maka kurva tersebut menggambarkan fenomena sorpsi isoteremis. Hal ini diperkuat dengan hasil perhitungan nilai MRD (*Mean Relative Determination*) yang merupakan ukuran ketepatan antara kadar air kesetimbangan hasil perhitungan berdasarkan model dengan kadar air kesetimbangan hasil percobaan. Perhitungan nilai MRD dapat

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dilihat pada Lampiran 20. Nilai MRD masing-masing model dapat dilihat dalam Tabel 33.

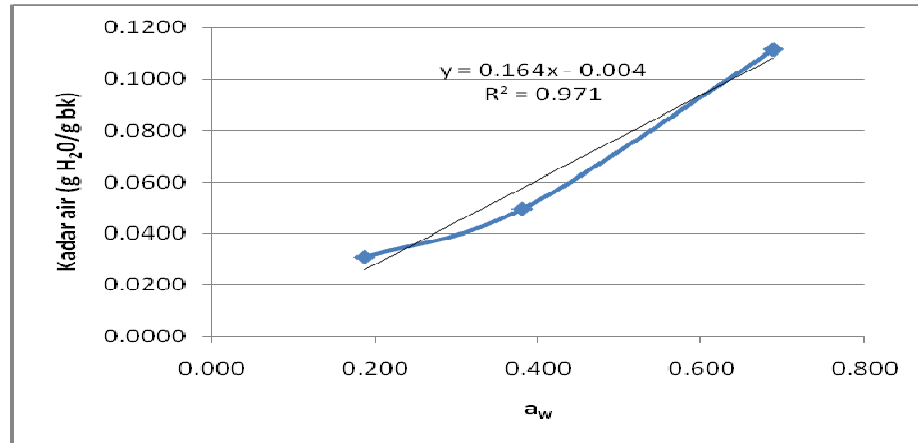
Tabel 33 Hasil perhitungan nilai MRD model-model persamaan

Model persamaan	MRD
Hasley	3.6980
Chen-Clayton	25.0833
Henderson	11.7411
Caurie	8.2277
Oswin	5.8480

Model persamaan yang dipilih adalah model yang memberikan nilai MRD terkecil, dimana model tersebut dapat menggambarkan keseluruhan kurva sorpsi isotermis dengan tepat. Hasil perhitungan MRD pada Tabel 33 menunjukkan bahwa model Hasley adalah model yang paling tepat menggambarkan keseluruhan kurva sorpsi isotermis untuk produk *crackers* hasil penelitian ini dengan nilai MRD terkecil yaitu 3.6980. Model Caurie dan Oswin menggambarkan keseluruhan kurva sorpsi isotermis dengan agak tepat ($5 < \text{MRD} < 10$), sedangkan model Chen-Clayton dan Henderson tidak dapat menggambarkan dengan tepat keseluruhan kurva sorpsi isotermis ($\text{MRD} > 10$).

Pada kurva sorpsi isotermis kemudian dibuat persamaan garis lurus untuk memperoleh nilai kemiringan kurva yang dibutuhkan, sehingga dapat memenuhi persamaan penentuan umur simpan yang dikembangkan oleh Labuza (1982). Pendekatan regresi linier untuk isotermis makanan biasanya berhasil baik pada kisaran a_w antara 0.2 sampai 0.6 (Hermanianto *et al.* 2000). Menurut Arpah (2001), nilai kemiringan (slope) kurva sorpsi isotermis (b) ditentukan pada daerah linear dan menurut Labuza (1982), daerah linier untuk menentukan kemiringan (slope) kurva sorpsi isotermis diambil antara daerah kadar air awal (M_i) dan kadar air kritis (M_c). Oleh karena itu, penentuan nilai slope (b) didasarkan pada kisaran a_w 0.187-0.688 dengan menggunakan model persamaan yang tepat yaitu model Hasley. Hasil regresi linear pada kurva sorpsi isotermis menghasilkan persamaan garis $y = 0.164x - 0.004$ ($R^2 = 0.97$), dengan y adalah kadar air kesetimbangan ($\text{g H}_2\text{O/g bk}$) dan x adalah nilai a_w dengan kisaran 0.187 sampai 0.688. Dari hasil regresi linier kurva

sorpsi isothermis model Hasley, diperoleh nilai b (kemiringan kurva/slope) sebesar 0.164. Kurva penentuan nilai b dapat dilihat pada Gambar 34.



Gambar 34 Penentuan kemiringan (slope) kurva sorpsi isothermis model Hasley.

Pendugaan Umur Simpan *Crackers*

- **Penentuan variabel pendukung umur simpan**

Berat kering per kemasan merupakan berat awal *crackers* yang telah dikoreksi dengan kadar air awal *crackers* (4.90% b/k). Berat kering per kemasan (W_s) *crackers* adalah 45.70 gram. Kemasan yang digunakan untuk menyimpan *crackers* adalah *metallized plastic*. Permeabilitas kemasan adalah laju transmisi uap air melalui suatu unit luasan dari material yang permukaannya rata dan datar akibat perbedaan tekanan uap air pada kedua sisi permukaannya. Data permeabilitas kemasan merupakan data sekunder, dimana nilai permeabilitas kemasan *metallized plastic* yang digunakan sebesar $0.0136 \text{ g/m}^2 \cdot \text{hari} \cdot \text{mmHg}$ (Fitria 2007). *Metallized plastic* adalah kemasan plastik yang tidak hanya dikombinasi antara berbagai macam plastik saja, melainkan kombinasi antara berbagai plastik dengan aluminium (Robertson 1993). *Metallized plastic* bersifat tidak meneruskan cahaya, menghambat masuknya oksigen, menahan bau, memberikan efek mengkilap, dan mampu menahan gas (Brown 1992).

Kemasan yang dipakai mempunyai ukuran $(18 \times 11 \times 2) \text{ cm}^2$ atau sebesar 0.0396 m^2 . Menurut Kusnandar (2006), semakin besar luas kemasan maka uap air yang masuk semakin besar ke dalam kemasan dan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

mempercepat tercapainya kadar air kritis sehingga umur simpan produk menjadi semakin singkat. Tekanan uap air jenuh pada suhu penyimpanan 30⁰C adalah sebesar 31.8240 mmHg.

- **Perhitungan umur simpan produk *crackers***

Umur simpan *crackers* ditentukan pada kondisi RH 75% dan 85%. Dalam menentukan umur simpan, terlebih dahulu dibuat kurva sorpsi isotermis model Hasley berdasarkan kadar air kesetimbangan (g H₂O/ g bk) dan a_w yang digunakan. Persamaan Hasley yang diperoleh yaitu $\log(\ln(1/a_w)) = -1.572 - 1.195 \log Me$. Berdasarkan persamaan tersebut, diperoleh kadar air kesetimbangan pada RH 75% dan 80% berturut-turut sebesar 0.1372 g H₂O/g bk dan 0.2212 g H₂O/g bk. Setelah itu, data-data yang telah diketahui sebelumnya yaitu kadar air awal, kadar air kritis, kemiringan kurva (slope), permeabilitas kemasan, luas kemasan, berat solid per kemasan, dan tekanan uap jenuh pada suhu 30⁰C dimasukkan ke dalam persamaan Labuza (hal 59). Penentuan kadar air kritis yang diperoleh melalui uji hedonik dan rating tekstur tidak berbeda yaitu sebesar 0.0990 g H₂O/g bk. Oleh karena itu, umur simpan *crackers* berdasarkan uji hedonik juga tidak berbeda dengan umur simpan *crackers* yang ditentukan dengan uji rating tekstur.

Berdasarkan hasil perhitungan, umur simpan produk *crackers* hasil penelitian jika disimpan pada suhu 30⁰C menggunakan kemasan *metallized plastic* pada RH 75% adalah 366 hari atau 12.2 bulan atau 1.0 tahun. Jika disimpan pada RH 85%, produk akan memiliki umur simpan 150 hari atau 5.0 bulan atau 0.4 tahun. Penentuan umur simpan *crackers* berdasarkan uji hedonik dan uji rating tekstur dapat dilihat pada Tabel 34. Tabel 34 memperlihatkan bahwa umur simpan produk *crackers* semakin menurun apabila disimpan pada RH yang tinggi.

Kelembaban relatif lingkungan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi umur simpan. Kondisi lingkungan dengan kelembaban relatif tinggi mengandung lebih banyak uap air sehingga akan terjadi penyerapan uap air ke dalam bahan pangan yang lebih banyak dibandingkan kondisi RH yang lebih rendah. Untuk bahan pangan yang bersifat

higroskopis, semakin tinggi RH lingkungan penyimpanan, semakin banyak uap air yang diserap oleh bahan pangan sehingga mempercepat kerusakan mutu terutama parameter tekstur (kerenyahan). Hal ini akan mengakibatkan umur simpan produk lebih singkat/menurun (Fitria 2007).

Tabel 34 Perhitungan umur simpan *crackers* dengan uji hedonik dan rating tekstur pada beberapa RH dan suhu penyimpanan 30°C

Parameter	RH 75%	RH 85%
Kadar air awal (Mi) (g H ₂ O/g bk)	0.0490	0.0490
Kadar air kritis (Mc) (g H ₂ O/g bk)	0.0990	0.0990
Model persamaan Hasley: $\log(\ln(1/aw)) = -1.572 - 1.195 \log Me$		
b (g H ₂ O/g bk)	0.164	0.164
Kadar air kesetimbangan (Me) (g H ₂ O/g bk)	0.1372	0.2212
Permeabilitas kemasan (g H ₂ O/m ² .hari.mmHg)	0.0136	0.0136
Luas kemasan (A) (m ²)	0.0396	0.0396
Berat solid per kemasan (Ws) (g)	45.70	45.70
Tekanan uap jenuh suhu 30°C (mmHg)	31.824	31.824
Ln (Me-Mi)/(Me-Mc)	0.8386	0.3430
A/Ws	0.0009	0.0009
Po/b	194.0488	194.0488
Umur simpan		
Hari	366	150
Bulan	12.2	5.0
Tahun	1.0	0.4

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Pembuatan tepung jagung berukuran 120 mesh menghasilkan rendemen sebesar 30.8% (basis jagung pipil). Tepung jagung yang dihasilkan berwarna kuning dengan tingkat kecerahan (L) sebesar 82.51, dan densitas kamba 0.74 g/ml. Sifat amilografi tepung jagung adalah suhu awal gelatinisasi 69°C, viskositas maksimum 725 BU, suhu puncak gelatinisasi 93.75°C, *breakdown viscosity* 125 BU, dan *setback viscosity* 570 BU. Hasil analisis kimia menunjukkan tepung jagung memiliki kadar air 7.45% b/b atau 8.06% b/k, kadar abu 0.13% b/b atau 0.14% b/k, kadar protein 6.67% b/b atau 7.21% b/k, kadar lemak 2.38% b/b atau 2.57% b/k, kadar karbohidrat (*by difference*) 83.37% b/b atau 90.08% b/k, kadar serat kasar 0.88 % b/b atau 0.95% b/k, kadar pati 59.39% b/b, kadar amilosa 27.90% b/b, dan kadar amilopektin 31.49% b/b.

Hasil uji ANOVA pada parameter tekstur (kerenyahan) dan secara keseluruhan (*overall*) menunjukkan bahwa perlakuan formulasi berpengaruh nyata pada taraf signifikansi 5%. Hasil uji lanjutan Duncan terhadap kedua parameter tersebut menunjukkan bahwa F1 (50:50) dan F2 (60:40) paling disukai oleh panelis (F1 dan F2 tidak berbeda nyata). Penentuan produk terbaik kemudian didasarkan pada formula yang memiliki basis tepung jagung terbanyak yaitu F2 (*crackers* dengan rasio tepung jagung : tepung ketan = 60:40).

Crackers terpilih berwarna kuning dengan tingkat kecerahan (nilai L) sebesar 73.20, rasio pengembangan 11.18%, nilai kerenyahan 250.8 gf, nilai kekerasan 384.7 gf, dan a_w 0.470. Analisis kimia pada produk menunjukkan bahwa *crackers* mempunyai kadar air 4.67% b/b atau 4.90% b/k, kadar abu 1.90% b/b atau 1.98% b/k, kadar protein 5.36% b/b atau 5.57% b/k, kadar lemak 7.46 % b/b atau 7.80% b/k, kadar karbohidrat (*by difference*) 80.61% b/b atau 84.65% b/k, kadar serat kasar 1.50% b/b atau 1.56% b/k, kadar pati 58.98% dengan kandungan amilosa 16.98% dan amilopektin 42.00%. Nilai energi *crackers* sebesar 405.02 kkal/100 g.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Penentuan kadar air kritis berdasarkan uji hedonik dan rating tekstur (kerenyahan) tidak berbeda yaitu sebesar 0.0990 g H₂O/g bk. Hasil perhitungan menunjukkan umur simpan produk *crackers* hasil penelitian jika disimpan pada suhu 30⁰C menggunakan kemasan *metallized plastic* pada RH 75% adalah 366 hari atau 12.2 bulan atau 1.0 tahun. Jika disimpan pada RH 85%, produk akan memiliki umur simpan 150 hari atau 5.0 bulan atau 0.4 tahun.

SARAN

Pengembangan pemanfaatan tepung jagung menjadi produk *crackers* memiliki peluang yang cukup baik. Namun, masih perlu adanya perbaikan dalam pembuatan *crackers*. Saran yang dapat disampaikan adalah perlu dilakukan perbaikan formula/proses sehingga dapat meningkatkan rasio pengembangannya dan meningkatkan nilai gizi produk *crackers*. Salah satunya yaitu dengan mengoptimalkan penambahan air pada adonan dan penggunaan lemak sesudah proses gelatinisasi. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai penambahan flavor dalam formula untuk mendapatkan aroma dan rasa yang bervariasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah DR. 2002. Efek transisi gelas terhadap tekstur bahan pangan. Makalah Falsafah Sains. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. http://www.rudyc.com/PPS702-ipb/03112/dede_adawiyah.htm [18 Januari 2010]
- Adawiyah DR. 2006. Hubungan sorpsi air, suhu transisi gelas dan mobilitas air serta pengaruhnya terhadap stabilitas produk pada model pangan [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Al-Muhtaseb AH, WAM McMinn, TRA Magee. 2004. Water sorption isotherms of starch powders. Part 2: Thermodynamic characteristics. *J. Food Eng.* 62: 135 – 142.
- Almatsier S. 2002. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Andrian. 2009. Ketergantungan impor gandum harus dikurangi. <http://www.suarakarya-online.com/> [16 Juni 2009].
- Anonim^a. 2008. Deptan hentikan impor jagung tahun 2009. <http://www.antara.co.id/arc/2008/11/20/deptan-hentikan-impor-jagung-tahun-2009/> [21 Februari 2009].
- Anonim^b. 2009. Bagaimana menanam jagung. <http://www.silautnews.co.cc/2009/06/bagaimana-menanam-jagung.html> [18 Desember 2009].
- Anonim^c. 2009. Budidaya tanaman jagung. <http://warintek.bantulkab.go.id/web.php?mod=basisdata&kat=1&sub=2&file=33> [18 Desember 2009].
- Anonim^d. 1996. Corn: layers and structures of corn kernel. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic-art/103350/162/The-outer-layers-and-internal-structures-of-a-kernel-of> [1 Maret 2009].
- Anonim^e. 2009. Sagu dan olahannya <http://bkp.deptan.go.id/pkk/download.php?file=files/SAGU%20DAN%20OLAHANNYA-1.doc>. [1 Maret 2009].
- Anonim^f. 2006. Snack food. <http://en.wikipedia.org/wiki/snack> [18 Desember 2009].
- Anonim^g. 2009. Senbei. <http://id.wikipedia.org>. [1 Maret 2009].
- Anonim^h. 2009. Rice crackers. http://trade.eat-japan.com/directory/rice_crackers.html. [1 Maret 2009].
- AOAC International. 1995. *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists*. Washington D.C: Association of Official Analytical Chemists.



- Apriyanto A, D Fardiaz, NL Puspitasari, Sedarnawati, S Budiyo. 1989. *Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Arpah. 2001. *Buku dan Monograf Penentuan Kadaluwarsa Produk Pangan*. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Arpah. 1998. Perbandingan beberapa model ASS (*Accelerated Storage Studies*) dari hukum difusi fick unidireksional: penerapan pada penentuan umur simpan biskuit [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Ayrançi E, Osman Duman. 2005. Moisture sorption isotherms of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and its protein isolate at 10, 20 and 30 °C. *J. Food Eng.* 70: 83 – 91.
- Beta T, H Corke. 2001. Noodle quality as related to sorghum starch properties. *J. Cereal Chem.* 78: 417 – 420.
- Breslauer K. 2003. *Characterization of Cereals and Flours*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Brown EW. 1992. *Plastic in Food Packaging, Properties, Design, and Fabrication*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- [BSN]. Badan Standardisasi Nasional. 1992. SNI No. 01-2891-1992. Cara Uji Makanan dan Minuman. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN]. Badan Standardisasi Nasional. 1992. SNI No. 01-2973-1992. Syarat Mutu Biskuit. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN]. Badan Standardisasi Nasional. 1995. SNI No. 01-3727-1995. Syarat Mutu Tepung Jagung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN]. Badan Standardisasi Nasional. 1998. SNI No. 01-4447-98. Syarat Mutu Tepung Ketan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Buckle KA, Edwards RA, Fleet GH, Wootton M. 1987. *Ilmu Pangan*. Jakarta: UI Press.
- Charles AL, YH Chang, Wen CK, K Sriroth, TC Huang. 2005. Influence of amylopectin structure and amylose content on gelling properties of five cultivars of cassava starches. *J. Agric. Food Chem.* 53: 2717 – 2725.
- Charley H. 1982. *Food Science*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- CIELab. 1976. Model warna sistem Hunter. http://personales.upv.es/gbenet/teoria%20del%20color/water_color/IMG/CIELAC1976.jpg [18 Desember 2009].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



- Departemen Perindustrian. 2007. *Kebijakan Nasional Program Pengembangan Industri Pengolahan Berbasis Jagung*. Jakarta: Direktorat Jenderal Industri Agro dan Kimia.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 1972. Daftar Komposisi Bahan Makanan. Jakarta: Bhratara Karya Aksara.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 2005. Daftar Komposisi Bahan Makanan. Jakarta: Bhratara Karya Aksara.
- Effendi S, Sulistiati. 1991. *Bercocok Tanam Jagung*. Jakarta: CV Yasaguna.
- Ekafitri R. 2009. Karakterisasi tepung lima varietas jagung kuning hibrida dan potensinya untuk dibuat mie jagung [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Hardiaz S. 1989. *Mikrobiologi Pangan I*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Haridah DH, F Kusnandar, D Herawati, HD Kusumaningrum, N Wulandari. 2008. *Penuntun Praktikum Analisis Pangan*. Bogor: Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor.
- Haridi H. 1994. *The Science of Cookies and Crackers Production*. New York: Chapman and Hall.
- Hellows P. 1992. *Food Processing Technology: Principles and Practices*. New York: Ellis Horwood.
- Fennema OR. 1996. *Food Chemistry*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Fitria M. 2007. Pendugaan umur simpan produk biskuit dengan metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Flyod CD, Rooney LW, Bockholt AJ. 1995. Measuring desirable and undesirable color in white and yellow food corn. *J. Cereal Chem.* 72(5): 488 – 490.
- Goula AM, Thodoris DK, Dimitris SA, Konstantinos GA. 2008. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. *J. Food Eng.* 85: 73 – 83.
- Grist DH. 1975. *Rice*. London: Long Man Group Ltd.
- Hariyadi P. 2006. Prinsip-prinsip penetapan dan pendugaan masa kadaluarsa produk pangan. Di dalam: Modul pelatihan pendugaan dan pengendalian masa kadaluarsa bahan dan produk pangan. Bogor: SEAFast Center dan Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor 7-8 Agustus 2006.



- Harper JM. 1981. *Extrusion of Foods*. Florida: CRC. Press, Inc.
- Haryadi Y, Sugiyono, Tien. R. Muchtadi. 1991. *Teknologi Pengolahan Sereal*. Bogor: Pusat Antar Universitas Institut Pertanian Bogor.
- Haryadi. 2008. *Teknologi Pengolahan Beras*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hermanianto J, M Arpah, WK Jati. 2000. Penentuan umur simpan produk ekstrusi dari bahan samping penggilingan padi dengan menggunakan metode konvensional, kinetika Arrhenius dan sorpsi isothermis. *Bul. Teknol. dan Ind. Pangan* XI (2): 33 – 41.
- Honestin T. 2007. Karakterisasi sifat fisikokimia tepung ubi jalar (*Ipomoea batatas*) [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Hoseney RC. 1998. *Principle of Cereal Science and Technology, 2nd edition*. USA: American Association of Cereal Chemists Inc. (St. Paul, Minn).
- Husain E. 1993. *Biskuit, Crackers, dan Cookies. Pengenalan Tentang: Aspek Bahan Baku, Teknologi dan Produksi*. Makalah yang Disampaikan dalam Paket Seminar Industri Pangan. Bogor: HIMITEPA-Institut Pertanian Bogor.
- Hutchings JB. 1999. *Food Color and Appearance*. Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- Indrasari SD, E. Y. Purwani, P. Wibowo, Jumali. 2008. Nilai indeks glikemik beras beberapa varietas padi. *J. Penelitian Pertanian Tan. Pangan* 27(3): 127 – 134.
- Janathan. 2007. Karakteristik fisikokimia tepung bekatul serta optimasi formula dan pendugaan umur simpan minuman campuran susu skim dan tepung bekatul [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Johnson NT. 1999. Influence of pre-treatments on the desorption isotherm characteristics of plantain. *Ghana J. Sci.* 39: 9 – 15.
- Johnson LA. 1991. *Corn: Production, Processing, and Utilization*. Di dalam: Lorenz, K. J. dan K. Kulp (eds.). *Handbook of Cereal Science and Technology*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Muliano BO. 1993. Rice in human nutrition. <http://www.google.books.com/> [23 Januari 2010].
- Muliano BO. 1972. *Rice: Chemistry and Technology*. USA: The American Association of Cereal Chemists, Inc. (St. Paul, Minn.).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Juliano BO. 1980. *Properties of the Rice Caryopsis*. Di dalam: Rice: Production and Utilization. Connecticut: AVI Publishing Company Inc.

Juniawati. 2003. Optimasi proses pengolahan mie jagung instan berdasarkan preferensi konsumen [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Kadirantau DME. 2000. Kajian isothermi sorpsi air (ISA) dan stabilitas tepung ketan selama penyimpanan [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Ketaren S. 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press.

Kusnandar F. 2006. Disain percobaan dalam penetapan umur simpan produk pangan dengan model ASLT (model Arrhenius dan kadar air kritis). Modul Pelatihan: Pendugaan dan Pengendalian Umur Simpan Bahan dan Produk Pangan. Bogor: SEAFAST Center dan Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor 7-8 Agustus 2006.

Labuza TP. 1982. *Shelf Life Dating of Foods. Food and Nutrition*. Westport Connecticut: Press Inc.

Liu, BS Luh. 1980. *Rice: Production and Utilization*. Westport Connecticut: AVI Publishing Company Inc.

Populalan CGC. 2008. Kajian formulasi dan isothermis sorpsi air biskuit jagung. [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Lusas EW, Lloyd WR. 2001. *Snack Foods Processing*. New York: CRC Press.

Manley DJR. 1983. *Technology of Biscuit, Crackers, and Cookies*. London: Ellis Horwood Limited Publ.

Matz SA. 1982. *Bakery Technology and Engineering 3rd Ed*. Texas: Pan-tech International, Inc.

Matz SA, TD Matz. 1978. *Cookies and Crackers Technology*. Westport, Connecticut: The AVI Publishing Company Inc.

Maulana F. 2003. Pengkajian pengembangan produk *crackers* di PT. Arnott's Indonesia, Bekasi [laporan magang]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Moorthy SN. 2004. *Tropical Sources of Starch*. Di dalam: Ann Charlotte Eliasson (ed). Starch in Food: Structure, Function, and Application. Florida Baco Raton: CRC Press.

Muchtadi TR, Purwiyatno, Adil B. 1988. *Teknologi Pemasakan Ekstrusi*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.



- Muchtadi TR, Sugiyono. 1992. *Petunjuk Laboratorium Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Mulyandari SH. 1992. Kajian perbandingan sifat-sifat pati umbi-umbian dan pati biji-bijian [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Munarso SJ. 1998. Modifikasi sifat fungsional tepung beras dan aplikasinya dalam pembuatan mi beras instan [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Mugroho A. 2007. Kajian metode penentuan umur simpan produk *flat wafer* dengan metode akselerasi berdasarkan pendekatan model kadar air kritis [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Pangestuti BD. 2010. Karakterisasi tapioka dari beberapa varietas ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Panikulata G. 2008. Potensi *modified cassava flour* (Mocaf) sebagai substituen tepung terigu pada produk kacang telur [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Piazza L, P Massi. 1997. Development of crispness in cooking during baking in an industrial oven. *J. Cereal Chem.* 74 (2): 135 – 140.
- Pratiwi MA. 2008. Pemanfaatan tepung hotong (*Setaria italica* (L) Beauv.) dan pati sagu dalam pembuatan *cookies* [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Putra GA. 2005. Pengaruh cara pengeringan dan cara pemanggangan terhadap mutu produk opak tepung ketan komersial (*glutinous rice crackers*) [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Rahayu WP, M Arpah, Erika D. 2005. Penentuan waktu kadaluwarsa dan model sorpsi isoteremis biji dan bubuk lada hitam (*Piper nigrum* L.). *J. Teknol. dan Ind. Pangan* XVI (1): 31 – 38.
- Rahman AM. 2007. Mempelajari karakteristik kimia dan fisik tepung tapioka dan Mocal (*modified cassava flour*) sebagai penyalut kacang pada produk kacang salut [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Rahmi E. 2004. Pengaruh perubahan suhu oven terhadap mutu produk biskuit kelapa di P.T Mayora Indah [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



- Ramdani H. 2002. Kajian pengeringan kerupuk mie menggunakan pengering tipe rak (*sun drying trays*) [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Rao MA, SSH Rizvi. 1995. *Engineering Properties of Foods*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Reputra J. 2009. Karakterisasi tapioka dan penentuan formulasi premix sebagai bahan penyalut untuk produk *fried snack* [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Ridwan IN, Eka RSS, Ign S. 1996. Pengaruh suhu dan waktu pengukusan terhadap sifat-fisiko kimia opak tepung ketan. *J. Ilmu dan Tek. Pangan* 1: 1–6.
- Riyani. 2007. Teknologi produksi dan karakterisasi tepung jagung varietas unggul nasional [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Robertson GL. 1993. *Food Packaging Principles and Practice*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Roby JF. 2008. *Starch: Structure, Properties, Chemistry, and Enzymology*. Di dalam: Fraser-Reid, B., K. Tatsuta, dan J. Thiem (eds). *Glycoscience*. Chapter-DOI 10-1007/978-3-540-30429-6_35. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Savitri IKE. 2000. Penentuan kadaluwarsa wafer menggunakan model Arrhenius dan model Labuza [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Setiawan HA. 2005. Penentuan umur simpan produk biskuit Marie dengan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Soekarto ST. 1985. *Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian*. Jakarta: Bharatara Karya Aksara.
- Soraya A. 2005. Perancangan proses dan formulasi mie basah jagung berbahan dasar *High Quality Protein Maize* varietas Srikandi Kuning kering panen. [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Spiess WEL, Wolf W. 1987. *Critical Evaluation of Methods to Determine Moisture Sorption Isotherms*. Di dalam: *Water Activity: Theory and Applications to Food*. New York: Marcel Dekker, Inc. <http://www.google.com/books> [18 Januari 2010].
- Srivinasa PC, MN Ramesh, RN Tharanathan. 2006. Effect of plasticizers and fatty acids on mechanical and permeability characteristics of chitosan films. *J. Food Hydro*. 21(7): 1113 – 1122.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



- Sudarmadji S, Bambang H, Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Edisi Keempat. Yogyakarta: Liberty.
- Sudarmadji S, Bambang H, Suhardi. 2003. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Edisi Kedua. Yogyakarta: Liberty.
- Suprpto. 1998. *Bertanam Jagung*. Cetakan ke-18. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Syalfina M. 2007. Pendugaan umur simpan permen jahe dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) dengan pendekatan model kadar air kritis [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Syarief R, Santausa S, Isyana BS. 1989. *Teknologi Pengemasan Pangan*. Bogor: Laboratorium Rekayasa Proses Pangan, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Syarief Rizal, Hariyadi Halid. 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Jakarta: Arcan.
- Tam LM, H Corke, WT Tan, J Li, LS Collado. 2004. Production of bihon-type noodle from maize starch differing in amylose content. *J. Cereal Chem.* 81(4): 475 – 480.
- Togrul H, Nurhan Arslan. 2007. Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of walnut kernels. *J. Stored Products Res.* 43: 252 – 264.
- Tsamis E, MK Krokida, AE Drouzas. 1999. Effect of drying method on the sorption characteristics of model fruit powders. *J. Food Eng.* 38: 381 – 392.
- Ulyarti. 1997. Mempelajari sifat-sifat amilografi pada amilosa, amilopektin, dan campurannya [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- U. S. Wheat Associates. 1981. *Pedoman Pembuatan Roti dan Kue*. Jakarta: Djambatan.
- Wail GE, Phillips JA, Rust LO, Griswold RM, Justin MM. 1978. *Foods*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Viswanathan R, DS Jayas, RB Hulasare. 2003. Sorption isotherms of tomato slices and onion shreds. *J. Biosystems Eng.* 86: 465 – 472.
- Watson SA. 2003. *Description, Development, Structure, and Composition of the Corn Kernel*. Di dalam: White, P. J. dan L. A. Johnson (eds.). *Corn: Chemistry and Technology*, 2nd edition. USA: American Association of Cereal Chemists Inc. (St. Paul, Minn.).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Winarno FG. 1981. *Padi dan Beras*. Bogor: PUSBANGTEPA, Institut Pertanian Bogor.

Winarno FG. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia.

Winarno FG. 1997. *Naskah Akademik Keamanan Pangan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Yusfik H. 1998. Kajian formulasi *crackers* dengan protein berkualitas tinggi dari tepung jagung, beras, kedelai, dan tempe. [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Mustica H. 1994. Faktor-faktor yang mempengaruhi absorpsi minyak selama penggorengan kerupuk sagu [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

LAMPIRAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

KUISIONER ATRIBUT UTAMA PRODUK *CRACKERS*

Nama :

No Hp:

Tanggal :

Sampel : *Corn Crackers*

1. Apakah Anda pernah mengonsumsi produk *crackers*?

a. Ya

b. Tidak

2. Peringkatkan (tidak boleh sama) atribut dibawah ini yang menurut Anda paling penting dalam produk *crackers*

warna

aroma

rasa

kerenyahan/tekstur

Deskripsikan atribut sangat penting dan penting tersebut:

.....

3. Menurut Anda perubahan atribut apa yang paling penting dalam menentukan kerusakan produk tersebut? (pilih salah satu)

a. warna berubah

b. aroma berubah

c. tidak renyah (melempem)

d. rasa berubah

Lampiran 1 Form kuisisioner atribut utama dan kerusakan *crackers*

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 2 Form organoleptik uji umur simpan

Nama :
Tanggal :

No Hp:
Sampel : *Corn Crackers*

RATING HEDONIK

Instruksi :

1. Dihadapan Anda telah terhidang produk *corn crackers*
2. **Kunyah** sampel secara perlahan selama 5 detik (**boleh tidak ditelan**)
3. Berikan penilaian terhadap tekstur (kerenyahan) sampel yang Anda cicipi. Skor penilaian yang digunakan yaitu: **7= sangat suka, 6 = suka, 5 = agak suka, 4 = netral, 3 = agak tidak suka, 2 = tidak suka, dan 1 = sangat tidak suka**

Kode sampel	Nilai

Komentar:

RATING TEKSTUR

Instruksi :

1. Dihadapan Anda telah terhidang produk *corn crackers*
2. **Kunyah** sampel secara perlahan selama 5 detik (**boleh tidak ditelan**)
3. Berikan penilaian terhadap tekstur sampel yang Anda cicipi. Skor penilaian yang digunakan yaitu: **7= sangat renyah, 6 = renyah, 5 = agak renyah, 4 = netral, 3 = agak tidak renyah, 2 = tidak renyah, dan 1 = sangat tidak renyah**

Kode sampel	Nilai

Komentar:

1. Anda diminta untuk menilai sejauh mana perbedaan **TEKSTUR (kerenyahan)** pada sampel bila dibandingkan dengan sampel kontrolnya.
2. Skor penilaian yang digunakan yaitu: 0 = tidak ada perbedaan (normal), 1 = perbedaan sangat kecil, 2= perbedaan kecil mulai tampak tetapi **masih dapat diterima**, 3= perbedaan kecil mulai tampak tetapi **sudah mulai tidak dapat diterima**, 4=perbedaan moderat/tampak, 5=perbedaan besar, tetapi belum menyeluruh, 6=perbedaan sangat besar dan sudah menyeluruh.
(Skor nilai mulai ditolak = 3)

Kode sampel	Nilai

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPI.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPI.



Lampiran 3 Form organoleptik rating hedonik formula

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Nama :
Produk : *Corn Crackers*

Tanggal:

No. HP:

- **Netralkan** indra anda sebelum dan sesudah pengujian terhadap satu sampel.
- Anda diminta untuk menilai atribut kerenyahan dan overall dari masing-masing sampel. **Jangan membandingkan antar sampel.**
- **Berikan penilaian** dengan menuliskan angka yang sesuai dengan tingkat kesukaan Anda terhadap contoh.

Skor penilaian yaitu:
5 = sangat suka
4 = suka
3 = netral
2 = tidak suka
1 = sangat tidak suka

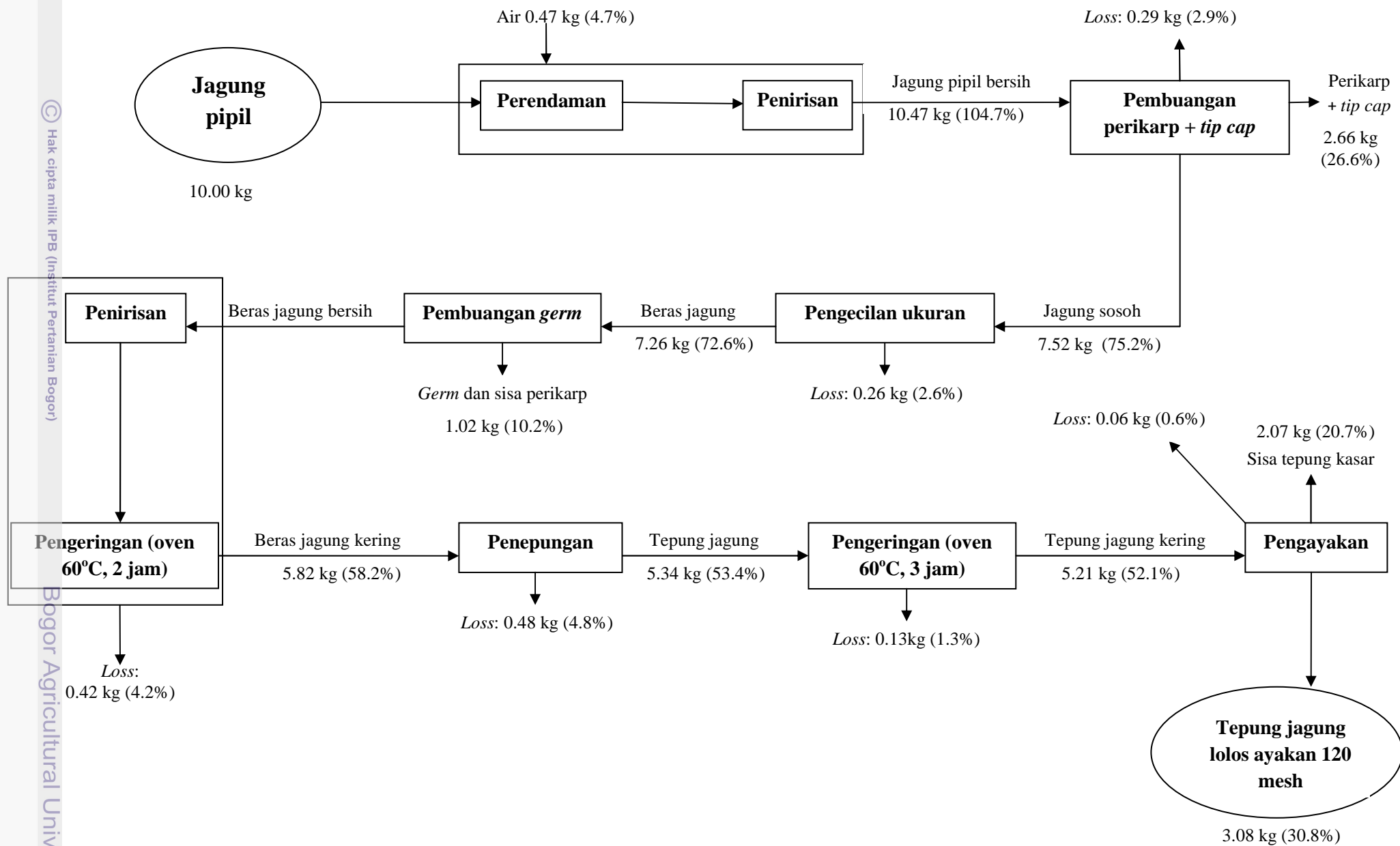
Penilaian	Kode sampel					
	862	223	756	544	681	199
Kerenyahan						
Overall						

Komentar (mohon diisi):

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4 Neraca massa pembuatan tepung jagung

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.





Lampiran 5 Analisis kimia tepung jagung

KADAR AIR

Ul.	W cawan kosong kering (g)	W sampel (W1) (g)	W cawan + sampel kering (g)	W sampel kering (W2) (g)	Kehilangan berat (W3)	Kadar air (%)	
						BB	BK
I	3.1959	2.0075	5.0542	1.8583	0.1492	7.43	8.03
II	3.5302	2.0086	5.3886	1.8584	0.1502	7.48	8.08
					Rataan	7.45 ± 0.0323	8.06 ± 0.0377

KADAR ABU

Ul.	W cawan kering (g)	W sampel (g)	W cawan + sampel abu (g)	Kadar abu (%)	
				BB	BK
I	19.3290	4.9968	19.3354	0.13	0.14
II	21.9750	4.9988	21.9811	0.12	0.13
			Rataan	0.13 ± 0.0036	0.14 ± 0.0039

KADAR PROTEIN

Konsentrasi HCl = 0.0153 N

Blanko = 0.10 ml

Faktor konversi = 6.25

Ul.	Sampel (gram)	V terpakai (ml)	%N	Kadar Protein	
				BB	BK
I	202.3	10.2	1.0699	6.69	7.23
II	202.15	10.15	1.0654	6.66	7.20
			Rataan	6.67 ± 0.0199	7.21 ± 0.0215

KADAR LEMAK

Ul	W sampel (g)	W labu awal (g)	W labu + sampel (g)	Kadar lemak (%)	
				BB	BK
I	1.9967	89.47305	89.52065	2.38	2.58
II	2.00355	108.8736	108.92115	2.37	2.56
			Rataan	2.38 ± 0.0073	2.57 ± 0.0078

KADAR KARBOHIDRAT *by Difference*

Kadar karbohidrat (% b/b) = 100% - (7.45% + 0.13% + 6.67% + 2.38%)

= 83.37%.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor) Bogor Agricultural University



Lampiran 5 Analisis kimia tepung jagung (lanjutan)

KADAR SERAT

Ul.	W sampel (g)	W kertas saring (g)	W kertas saring + sampel (g)	Kadar serat kasar (%)	
				BB	BK
I	0.7601	0.2013	0.2079	0.87	0.94
II	1.0099	0.2097	0.2187	0.89	0.96
			Rataan	0.88 ± 0.0162	0.95 ± 0.0175

KADAR PATI

Konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0.0953 \text{ N}$

Blanko = 4.2 ml

Ul	Berat sampel (g)	Volume total $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ml)	ml blanko - ml titran	ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	mg $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Hasil pati (%)
I	0.2067	1.25	2.95	2.8108	6.74592	58.7453
II	0.2057	1.2	3	2.8584	6.86016	60.0306
					Rataan	59.39 ± 0.9088

KADAR AMILOSA

Persamaan kurva standar = $23.81x + 0.002$

$R^2 = 0.999$

Ul.	W sampel (g)	Absorbansi sampel	Konsentrasi amilosa dari kurva (mg/ml)	Kadar amilosa (%)
I	100.2	0.342	0.01428	28.5
II	100.6	0.329	0.01373	27.3
			Rataan	27.9 ± 0.8485

Hak Cipta Ditindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya atau tulisan yang dicantumkan dalam terbitan ini tanpa mengizinkan hak cipta atau tanpa mencantumkan sumber/kepemilikan. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penerjemahan atau pembuatan tiruan ulang yang wajar. IPB.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 6 Hasil pengamatan dalam proses penentuan suhu dan waktu optimum pada pemanggangan oven

Sifat	Pemanggangan Oven									
	180 ⁰ C, 2 menit	180 ⁰ C, 3 menit	180 ⁰ C, 4 menit	180 ⁰ C, 5 menit	180 ⁰ C, 6 menit	190 ⁰ C, 2 menit	190 ⁰ C, 4 menit	190 ⁰ C, 6 menit	200 ⁰ C, 2 menit	200 ⁰ C, 4 menit
Warna	+	+	++	+++	++++	++	+++	++++	+++	+++++
Tekstur/kelembutan	Kenyal belum matang	Kenyal belum matang	Agak renyah, matang sebagian	Agak renyah, matang hampir menyeluruh	Renyah, matang menyeluruh	Kenyal, belum matang	Agak renyah, matang sebagian	Renyah, matang hampir menyeluruh	Kenyal, belum matang	Agak renyah, matang tidak merata
Pengembangan	Tidak mengembang	Tidak mengembang	Sedikit mengembang	Sedikit mengembang	Sedikit lebih mengembang	Tidak mengembang	Sedikit mengembang	Sedikit lebih mengembang	Tidak mengembang	Sedikit lebih mengembang
Penerimaan	+	+	+	++	++	+	++	++	+	++

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)



Lampiran 7 Contoh kuisisioner atribut mutu dan data hasil kuisisioner

KUISISIONER

Berikanlah penilaian terhadap atribut yang dapat mempengaruhi penerimaan **produk CRACKERS** dibawah ini:

- 1 = kurang penting
2 = penting
3 = sangat penting

- a. Rasa =
b. Kerenyahan =
c. Warna =
d. Aroma =

Data hasil kuisisioner

n	Rasa	Kerenyahan	Warna	Aroma
1	3	3	2	1
2	2	3	2	1
3	3	3	2	2
4	3	3	2	2
5	2	2	2	1
6	3	3	2	1
7	3	3	2	2
8	3	3	1	2
9	2	3	1	2
10	3	3	2	2
11	3	3	2	2
12	2	3	1	1
13	3	3	1	1
14	3	3	2	2
15	3	3	1	2
16	2	3	1	1
17	3	3	2	1
18	3	3	2	2
19	3	3	1	2
20	2	3	2	2
Rataan	2.70	2.95	1.65	1.60

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 8 Data hasil penilaian organoleptik atribut tekstur (kerenyahan)

Panelis	Sampel					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
1	4	4	4	4	3	3
2	4	4	4	3	2	2
3	5	4	5	3	2	2
4	4	4	4	3	3	3
5	4	5	2	4	2	4
6	4	4	2	3	4	2
7	5	5	4	4	4	4
8	5	5	4	5	3	5
9	4	5	2	3	2	2
10	4	4	2	2	2	2
11	3	4	3	2	2	2
12	5	5	2	2	3	2
13	4	5	2	3	3	3
14	4	4	3	2	4	3
15	4	5	4	4	3	3
16	5	5	2	4	3	2
17	4	2	4	4	2	3
18	4	4	4	5	4	4
19	4	4	4	4	2	1
20	5	5	4	4	3	3
21	4	3	2	4	2	2
22	3	4	4	4	4	3
23	3	4	3	4	2	4
24	4	4	4	5	4	4
25	5	5	5	4	4	4
26	3	3	2	2	2	3
27	4	5	4	4	3	5
28	4	4	3	4	3	2
29	3	5	5	3	2	3
30	5	5	4	4	5	4
Rataan	4.10	4.30	3.37	3.53	2.90	2.97

- F1 = tepung jagung : tepung ketan 50 : 50
- F2 = tepung jagung : tepung ketan 60 : 40
- F3 = tepung jagung : tepung ketan 70 : 30
- F4 = tepung jagung : tepung ketan 80 : 20
- F5 = tepung jagung : tepung ketan 90 : 10
- F6 = tepung jagung : tepung ketan 100 : 0

- 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
- 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor) Bogor Agricultural University

Lampiran 9 Data hasil penilaian organoleptik atribut keseluruhan (*overall*)

Panelis	Sampel					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	3	2	2
3	5	4	5	3	2	2
4	4	4	3	3	4	4
5	4	4	2	3	3	4
6	4	4	2	3	4	2
7	4	4	4	4	4	4
8	4	5	3	4	3	4
9	4	4	2	3	2	3
10	4	4	3	3	2	3
11	3	4	3	2	2	2
12	4	5	3	2	3	3
13	4	4	3	3	3	3
14	3	3	3	2	3	4
15	3	4	4	4	3	3
16	5	5	2	4	3	3
17	4	3	4	4	3	3
18	4	4	3	5	4	5
19	4	3	4	3	3	3
20	4	5	4	4	3	3
21	3	3	3	3	2	2
22	2	5	3	3	4	3
23	3	3	3	3	3	4
24	4	4	3	4	3	3
25	4	5	5	5	4	4
26	3	3	3	3	3	3
27	3	4	3	4	4	4
28	4	4	3	2	3	2
29	3	5	4	4	4	4
30	5	5	3	4	5	3
Rataan	3.77	4.07	3.27	3.37	3.17	3.20

F1 = tepung jagung : tepung ketan 50 : 50
 F2 = tepung jagung : tepung ketan 60 : 40
 F3 = tepung jagung : tepung ketan 70 : 30
 F4 = tepung jagung : tepung ketan 80 : 20
 F5 = tepung jagung : tepung ketan 90 : 10
 F6 = tepung jagung : tepung ketan 100 : 0

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



Lampiran 10 Hasil uji ANOVA penilaian organoleptik atribut tekstur (kerenyahan)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Skor

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2345.594(a)	35	67.017	116.509	.000
Panelis	55.694	29	1.920	3.339	.000
Sampel	49.761	5	9.952	17.302	.000
Error	83.406	145	.575		
Total	2429.000	180			

a. R Squared = .966 (Adjusted R Squared = .957)

Post Hoc Tests

Sampel Homogeneous Subsets

Skor

Duncan

Sampel	N	Subset		
		1	2	3
90 10	30	2.90		
100 0	30	2.97		
70 30	30		3.37	
80 20	30		3.53	
50 50	30			4.10
60 40	30			4.30
Sig.		.734	.396	.309

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .575.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b Alpha = .05.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 11 Hasil uji ANOVA penilaian obyektif kerenyahan formula

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Sampel	1	50:50	3
	2	60:40	3
	3	70:30	3
	4	80:20	3
	5	90:10	3
	6	100:0	3
Ulangan	1	Ulangan 1	6
	2	Ulangan 2	6
	3	Ulangan 3	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Respon

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	3443418.004(a)	8	430427.251	143.563	.000
Sampel	376264.476	5	75252.895	25.100	.000
Ulangan	13821.181	2	6910.591	2.305	.150
Error	29981.726	10	2998.173		
Total	3473399.730	18			

a. R Squared = .991 (Adjusted R Squared = .984)

Post Hoc Tests

Sampel

Homogeneous Subsets

Respon

Duncan

Sampel	N	Subset		
		1	2	3
50:50	3	212.033		
60:40	3	250.800		
90:10	3		364.767	
70:30	3			525.800
80:20	3			535.233
100:0	3			582.533
Sig.		.406	1.000	.254

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2998.173.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b Alpha = .05.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



Lampiran 12 Hasil Uji ANOVA penilaian obyektif kekerasan formula

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Sampel	1	50:50	3
	2	60:40	3
	3	70:30	3
	4	80:20	3
	5	90:10	3
	6	100:0	3
Ulangan	1	Ulangan 1	6
	2	Ulangan 2	6
	3	Ulangan 3	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Respon

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	7127843.904(a)	8	890980.488	162.281	.000
Sampel	369944.709	5	73988.942	13.476	.000
Ulangan	65831.968	2	32915.984	5.995	.019
Error	54903.486	10	5490.349		
Total	7182747.390	18			

a. R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .986)

Post Hoc Tests

Sampel Homogeneous Subsets

Respon

Duncan

Sampel	N	Subset	
		1	2
60:40	3	384.733	
50:50	3	437.200	
70:30	3		667.467
80:20	3		704.133
90:10	3		715.733
100:0	3		749.167
Sig.		.406	.236

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 5490.349.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b Alpha = .05.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)



Lampiran 13 Hasil uji ANOVA penilaian organoleptik atribut keseluruhan (*overall*)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Skor

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2225.328(a)	35	63.581	140.382	.000
Panelis	35.361	29	1.219	2.692	.000
Sampel	19.828	5	3.966	8.756	.000
Error	65.672	145	.453		
Total	2291.000	180			

a. R Squared = .971 (Adjusted R Squared = .964)

Post Hoc Tests

Sampel Homogeneous Subsets

Skor

Duncan

Sampel	N	Subset	
		1	2
90 10	30	3.17	
100 0	30	3.20	
70 30	30	3.27	
80 20	30	3.37	
50 50	30		3.77
60 40	30		4.07
Sig.		.301	.086

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .453.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b Alpha = .05.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 14 Hasil uji T sampel A dan sampel B

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
	A	B
Mean	3.966666667	3.6
Variance	0.240229885	0.8
Observations	30	30
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	45	
t Stat	1.969098288	
P(T<=t) one-tail	0.027559016	
t Critical one-tail	1.679427393	
P(T<=t) two-tail	0.055118031	
t Critical two-tail	2.014103359	

Sampel A = *crackers* dari tepung jagung : tepung ketan 60:40

Sampel B = *crackers* dari 100% tepung ketan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 15 Rekapitulasi penentuan atribut utama *crackers*

NPar Tests
Friedman Test

Ranks

	Mean Rank
Warna	3.70
Aroma	3.13
Rasa	1.57
Kerenyahan	1.60

Test Statistics(a)

N	30
Chi-Square	63.400
df	3
Asymp. Sig.	.000

a. Friedman Test

Uji LSD rank

Panelis	Warna	Aroma	Rasa	Kerenyahan
1	4	3	1	2
2	4	2	1	3
3	4	3	1	2
4	4	3	1	2
5	4	3	2	1
6	4	3	1	2
7	4	3	1	2
8	3	4	1	2
9	3	4	2	1
10	4	3	1	2
11	4	3	1	2
12	4	3	1	2
13	4	3	1	2
14	4	2	1	3
15	4	2	1	3
16	2	4	3	1
17	4	3	2	1
18	3	4	2	1
19	4	3	2	1
20	4	3	1	2
21	3	4	2	1
22	4	3	2	1
23	4	3	2	1
24	3	4	2	1
25	4	3	2	1
26	4	3	2	1
27	3	4	2	1
28	3	4	2	1
29	4	2	3	1
30	4	3	1	2
Rank sum (R)	111	94	47	48

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Uji Friedman dengan Tabel Khi-Kuadrat (X^2)

$$Friedman's T: T = \left[\frac{12}{pt(t+1)} (\sum R^2) \right] - [3p(t+1)]$$

p = banyaknya panelis

t = banyaknya perlakuan

R = jumlah peringkat setiap perlakuan

Penarikan kesimpulan:

Jika $T <$ nilai kritik x^2 maka tidak ada perbedaan diantara sampel pada taraf α

Jika $T \sim$ nilai kritik x^2 maka ada perbedaan diantara sampel pada taraf α , dan perlu dilanjutkan dengan

dengan uji LSD_{rank} (*Least Significant Diference*)

$$LSD_{rank} = t \left(\frac{\alpha}{2}, \infty \right) \sqrt{pt(t+1)/6}$$

Penarikan kesimpulan:

Jika selisih R dua sampel \geq LSD_{rank} maka ada perbedaan antara kedua sampel pada taraf α

Jika selisih R dua sampel $<$ LSD_{rank} maka tidak ada perbedaan antara kedua sampel pada taraf α

Pengolahan Data

Perhitungan nilai T

$$Friedman's T: T = \left[\frac{12}{pt(t+1)} (\sum R^2) \right] - [3p(t+1)]$$

$$T = \left[\frac{12}{30.4(4+1)} (\sum (111^2) + (94^2) + (47^2) + (48^2)) \right] - [3.30(4+1)]$$

$$T = 513.4 - 450$$

$$T = 63.4$$

Berdasarkan Tabel nilai-nilai kritik Khi-Kuadrat ($x^2_{\alpha, v}$) untuk uji satu sisi, maka nilai kritik x^2 dengan db = 3, pada taraf 0.05 adalah 7.81. Nilai T yang didapatkan adalah 63.4 karena nilai T (63.4) $>$ x^2 (7.81) maka terdapat perbedaan antara keempat atribut tersebut sehingga perlu dilakukan perhitungan LSD_{rank}.

$$LSD_{rank} = t \left(\frac{\alpha}{2}, \infty \right) \sqrt{pt(t+1)/6}$$

Nilai $t \left(\frac{\alpha}{2}, \infty \right)$ adalah nilai kritik t pada taraf nyata $\alpha/2$ dengan derajat bebas $v = \infty$. Untuk taraf α 5%,

nilai $t \left(\frac{\alpha}{2}, \infty \right)$ adalah 1.960.

$$LSD_{rank} = 1.960 \sqrt{30.4(4+1)/6}$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hala Cipta Dilindungi Undang-Undang
 © Halalica milik IPB (Institusi Pertanian Bogor)
 Bogor Agricultural University



$$\text{LSD rank} = 1.960\sqrt{100}$$

$$\text{LSD rank} = 19.60$$

Nilai LSD rank yang didapat adalah 19.60

Urutan R atribut terbesar – terkecil: warna (A = 111) – aroma (B = 94) – kerenyahan (D = 48) – rasa (C = 47)

$$RA - RB = 111 - 94 = 17 < \text{LSD rank, maka } A = B$$

$$RA - RD = 111 - 48 = 63 > \text{LSD rank, maka } A \neq D$$

$$RA - RC = 111 - 47 = 64 > \text{LSD rank, maka } A \neq C$$

$$RB - RD = 94 - 48 = 46 > \text{LSD rank, maka } B \neq D$$

$$RB - RC = 94 - 47 = 47 > \text{LSD rank, maka } B \neq C$$

$$RD - RC = 48 - 47 = 1 < \text{LSD rank, maka } D = C$$

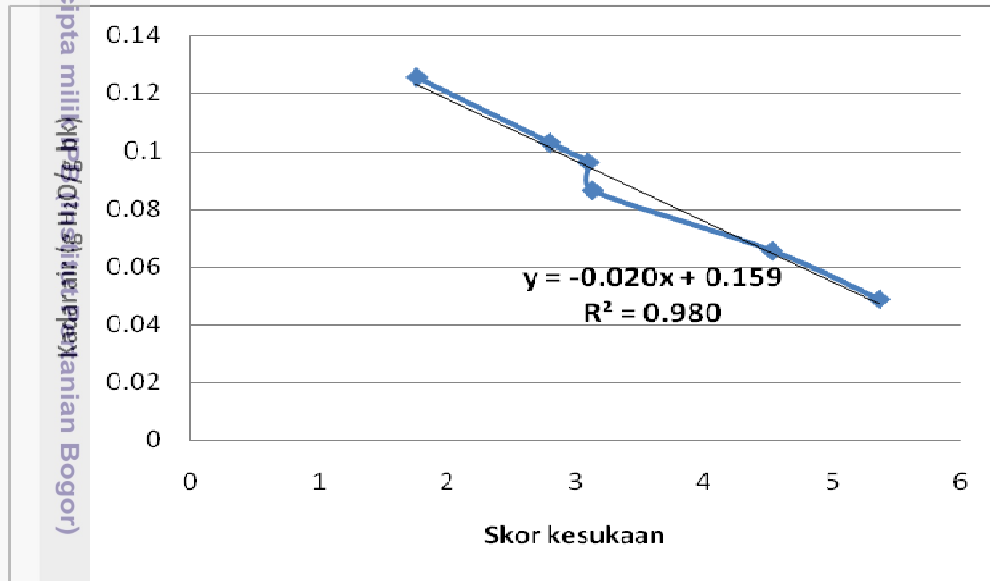
Kesimpulan

Atribut D sama dengan C tetapi berbeda dengan A dan B pada taraf 5%. Jadi, berdasarkan uji LSD diketahui bahwa atribut rasa dan kerenyahan tidak berbeda nyata pada taraf 5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa atribut utama *crackers* adalah rasa dan kerenyahan karena memiliki skor paling rendah dan kedua atribut tersebut tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 16 Penentuan kadar air kritis dengan uji hedonik

Penyimpanan (hari)	Kadar air (g H ₂ O/g bk)	Skor hedonik	Kerenyahan (gf)
0	0.048986	5.3667	337.7
1	0.065748	4.5333	556.5
2	0.086672	3.1333	699.9
3	0.096358	3.1000	779.7
4	0.102882	2.8000	756.3
5	0.125407	1.7667	816.4



Perhitungan kadar air kritis dengan uji hedonik

x = skor	a	b	y = KA
3	0.159	-0.020	0.0990

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB, Institut Pertanian Bogor

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 17a Data hasil uji hedonik *crackers* selama penyimpanan

Panelis	H0	H1	H2	H3	H4	H5
1	3	4	2	1		1
2	6	4	4	2		1
3	5	4	3	2		3
4	5	6	3	4	3	2
5	6	6	3	6	3	2
6	5	6	4	3	3	2
7	3	3	1	2	2	1
8	4	6	6	6	6	3
9	5	5	3	2	1	1
10	4	5	3	2	2	1
11	6	5	6	5	3	3
12	7	5	1	4	1	1
13	6	3	1	3	2	1
14	7	6	5	3	3	3
15	6	4	2	2	3	2
16	6	6	4	2	3	2
17	7	4	3	3	3	2
18	4	3	2	3	3	2
19	4	4	4	2	3	2
20	6	5	6	3	3	2
21	6	5	2	2	2	1
22	5	3	2	1	2	1
23	6	3	2	2	2	1
24	6	5	2	5	3	2
25	6	2	3	1		1
26	6	6	3	3		2
27	6	7	3	5	5	2
28	5	2	1	4	2	1
29	6	6	5	5	5	3
30	4	3	5	5	2	2
Rataan	5.3667	4.5333	3.1333	3.1000	2.8000	1.7667

- H0 Kontrol (sebelum disimpan)
- H1 Hari pertama penyimpanan
- H2 Hari kedua penyimpanan
- H3 Hari ketiga penyimpanan
- H4 Hari keempat penyimpanan
- H5 Hari kelima penyimpanan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta Diindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Lampiran 17b Data hasil uji rating tekstur *crackers* selama penyimpanan

Panelis	H0	H1	H2	H3	H4	H5
1	3	1	1	1		1
2	5	5	3	2		1
3	6	5	3	3		6
4	6	6	3	3	3	2
5	6	5	3	3	3	2
6	6	5	5	3	3	3
7	6	2	1	6	5	1
8	6	5	6	6	6	5
9	7	5	3	2	1	1
10	6	6	3	2	3	1
11	6	5	4	6	3	2
12	7	3	1	5	1	1
13	7	3	1	3	3	1
14	6	6	6	5	3	3
15	6	3	3	2	3	2
16	6	6	5	3	4	2
17	7	5	3	3	2	1
18	6	6	3	3	3	2
19	5	5	3	1	2	2
20	6	4	6	5	2	2
21	6	3	2	3	2	1
22	6	3	1	1	1	1
23	6	6	5	2	2	1
24	6	5	2	3	3	1
25	7	3	3	3		1
26	7	6	3	2		2
27	7	6	2	4	3	2
28	6	2	2	3	1	1
29	7	7	5	5	6	4
30	5	5	5	5	2	3
Rataan	6.0667	4.5667	3.2000	3.2667	2.8000	1.9333

- H0 Kontrol (sebelum disimpan)
- H1 Hari pertama penyimpanan
- H2 Hari kedua penyimpanan
- H3 Hari ketiga penyimpanan
- H4 Hari keempat penyimpanan
- H5 Hari kelima penyimpanan

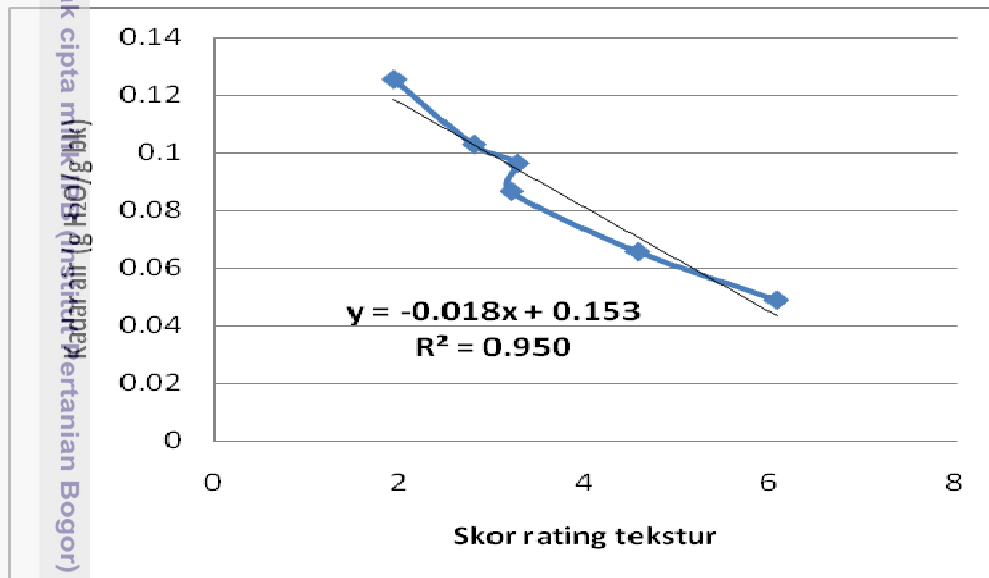
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Lampiran 18 Penentuan kadar air kritis dengan uji rating tekstur

Penyimpanan (hari)	Kadar air (g H ₂ O/g bk)	Skor rating tekstur	Kerenyahan (gf)
0	0.048986	6.0667	337.7
1	0.065748	4.5667	556.5
2	0.086672	3.2000	699.9
3	0.096358	3.2667	779.7
4	0.102882	2.8000	756.3
5	0.125407	1.9333	816.4



Perhitungan kadar air kritis dengan uji rating tekstur

x = skor	a	b	y = KA
3	0.153	-0.018	0.0990

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta dilindungi Undang-Undang (IPB)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 19 Hasil data beda dari kontrol selama penyimpanan

Panelis	H1	H2	H3	H4	H5
1	5	6	5		6
2	5	4	5		6
3	4	3	3		3
4	2	2	2	4	4
5	2	3	3	5	5
6	1	2	2	6	2
7	6	6	3	3	6
8	2	1	1	1	3
9	2	3	3	6	6
10	2	4	4	5	6
11	1	2	2	6	6
12	6	6	6	6	5
13	5	6	6	5	6
14	2	2	3	5	5
15	2	5	5	4	6
16	1	3	4	3	4
17	2	3	4	5	5
18	2	5	4	6	5
19	4	4	6	6	6
20	3	2	3	4	6
21	4	5	3	5	6
22	3	4	6	6	6
23	1	3	2	4	6
24	2	4	4	5	6
25	3	5	5		6
26	2	2	4		5
27	1	3	2	2	4
28	4	4	4	5	5
29	2	5	2	4	6
30	1	4	2	4	4
Rataan	2.7333	3.7000	3.6000	4.6000	5.1667

- H1 Hari pertama penyimpanan
- H2 Hari kedua penyimpanan
- H3 Hari ketiga penyimpanan
- H4 Hari keempat penyimpanan
- H5 Hari kelima penyimpanan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 20 Penentuan konstanta dan MRD model-model sorpsi isotermis

1. Hasley $\log(\ln(1/a_w)) = \log P(1) - P(2) \log Me$

a_w	Me	$x = \log Me$	x^2	$y = \log (\ln(1/a_w))$	xy	log Me	Me Hasley	Mi-Mpi/Mi
0.187	0.0320	-1.4947	2.2342	0.2244	-0.3355	-1.5033	0.0314	0.0195
0.380	0.0470	-1.3278	1.7630	-0.0143	0.0190	-1.3035	0.0497	0.0575
0.688	0.1199	-0.9213	0.8488	-0.4272	0.3935	-0.9580	0.1101	0.0811
0.769	0.1453	-0.8377	0.7017	-0.5806	0.4864	-0.8296	0.1480	0.0187
0.811	0.1805	-0.7436	0.5529	-0.6788	0.5048	-0.7474	0.1789	0.0087
0.879	0.2591	-0.5866	0.3441	-0.8895	0.5218	-0.5711	0.2685	0.0363
SUM		-5.9117	6.4447	-2.3660	1.5900			0.2219
Kuadrat		34.9480						
X bar		-0.9853		-0.3943			MRD	3.6980
Konstanta	a	-1.572						
	b	-1.195						

Contoh perhitungan mencari konstanta model persamaan sorpsi isotermis (Hasley)

Nilai a dan b merupakan nilai konstanta yang dihitung dengan metode kuadrat terkecil

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n (X_i)^2}$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X}$$

$$= \frac{6(1.5900) - (-5.9117 \times -2.3660)}{6(6.4447) - 34.9480}$$

$$= -0.3943 - (-1.195 \times -0.9853)$$

$$= -1.195$$

Persamaan Hasley yang didapat adalah $\log (\ln(1/a_w)) = -1.572 - 1.195 \log Me$

Lampiran 20 Penentuan konstanta dan MRD model-model sorpsi isothermis (lanjutan)

2. Chen Clayton $\ln(\ln(1/a_w)) = \ln P(1) - P(2) Me$

a_w	Me	$x = Me$	x^2	$y = \ln(\ln(1/a_w))$	xy	Me	Me Chen Clayton	Mi-Mpi/Mi
0.187	0.0320	0.0320	0.0010	0.5168	0.0165	0.0016	0.0016	0.9500
0.380	0.0470	0.0470	0.0022	-0.0330	-0.0015	0.0514	0.0514	0.0933
0.688	0.1199	0.1199	0.0144	-0.9836	-0.1179	0.1374	0.1374	0.1462
0.769	0.1453	0.1453	0.0211	-1.3369	-0.1942	0.1694	0.1694	0.1657
0.811	0.1805	0.1805	0.0326	-1.5631	-0.2821	0.1899	0.1899	0.0523
0.879	0.2591	0.2591	0.0671	-2.0482	-0.5307	0.2338	0.2338	0.0975
SUM		0.7838	0.1384	-5.4479	-1.1100			1.5050
Kuadrat		0.6144						
X bar		0.1306		-0.9080			MRD	25.0833
Konstanta	a	0.535						
	b	-11.05						



Lampiran 20 Penentuan konstanta dan MRD model-model sorpsi isothermis (lanjutan)

3. Henderson $\log(\ln(1/(1 - a_w))) = \log K + n \log Me$

a_w	Me	$x = \log Me$	x^2	$y = \log (\ln(1/(1-aw)))$	xy	log Me	Me Henderson	Mi-Mpi/Mi
0.187	0.0320	-1.4947	2.2342	-0.6840	1.0224	-1.5833	0.0261	0.1845
0.380	0.0470	-1.3278	1.7630	-0.3205	0.4256	-1.2468	0.0567	0.2050
0.688	0.1199	-0.9213	0.8488	0.0662	-0.0610	-0.8887	0.1292	0.0780
0.769	0.1453	-0.8377	0.7017	0.1659	-0.1390	-0.7964	0.1598	0.0998
0.811	0.1805	-0.7436	0.5529	0.2217	-0.1648	-0.7447	0.1800	0.0026
0.879	0.2591	-0.5866	0.3441	0.3247	-0.1905	-0.6494	0.2242	0.1345
Σ		-5.9117	6.4447	-0.2260	0.8926			0.7045
Kuadrat		34.9480						
X bar		-0.9853		-0.0377			MRD	11.7411
Konstanta	a	1.026						
	b	1.080						

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 20 Penentuan konstanta dan MRD model-model sorpsi isotermis (lanjutan)

4. Caurie $\ln Me = \ln P(1) - P(2) a_w$

a_w	Me	$x = a_w$	x^2	$y = \ln Me$	xy	$\ln Me$	Me Caurie	Mi-Mpi/Mi
0.187	0.0320	0.187	0.0350	-3.4417	-0.6436	-3.5363	0.0291	0.0903
0.380	0.0470	0.380	0.1444	-3.0573	-1.1618	-2.9701	0.0513	0.0911
0.688	0.1199	0.688	0.4733	-2.1213	-1.4595	-2.0664	0.1266	0.0565
0.769	0.1453	0.769	0.5914	-1.9288	-1.4833	-1.8288	0.1606	0.1052
0.811	0.1805	0.811	0.6577	-1.7122	-1.3886	-1.7055	0.1817	0.0067
0.879	0.2591	0.879	0.7726	-1.3507	-1.1873	-1.5060	0.2218	0.1438
Σ		3.7140	2.6744	-13.6121	-7.3240			0.4937
Kuadrat		13.7938						
X bar		0.6190		-2.2687			MRD	8.2277
Konstanta	a	-4.085						
	b	2.934						

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 20 Penentuan konstanta dan MRD model-model sorpsi isothermis (lanjutan)

5. Oswin $\ln Me = \ln P(1) + P(2) \ln(a_w/(1 - a_w))$

a_w	Me	$x = \ln(a_w/(1-a_w))$	x^2	$y = \ln Me$	xy	$\ln Me$	Me Oswin	Mi-Mpi/Mi
0.187	0.0320	-1.4696	2.1598	-3.4417	5.0581	-3.5342	0.0292	0.0883
0.380	0.0470	-0.4895	0.2397	-3.0573	1.4967	-2.9285	0.0535	0.1374
0.688	0.1199	0.7908	0.6253	-2.1213	-1.6775	-2.1373	0.1180	0.0158
0.769	0.1453	1.2027	1.4464	-1.9288	-2.3197	-1.8827	0.1522	0.0472
0.811	0.1805	1.4565	2.1215	-1.7122	-2.4939	-1.7259	0.1780	0.0136
0.879	0.2591	1.9830	3.9323	-1.3507	-2.6785	-1.4005	0.2465	0.0486
SUM		3.4738	10.5249	-13.6121	-2.6149			0.3509
Kuadrat		12.0673						
X bar		0.5790		-2.2687			MRD	5.8480
Konstanta	a	-2.626						
	b	0.618						

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.