

LAPORAN
PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL



FORMULASI PRODUK PANGAN DARURAT BERBASIS
TEPUNG JAGUNG DAN TEPUNG TEMPE MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI *INTERMEDIATE MOISTURE FOODS (IMF)*

Oleh:

Dr. Nur Aini, S.TP., M.P	NIDN 0001027305
Dr. Ir. V. Prihananto, M.Si.	NIDN 0029056403
Gunawan Wijonarko, SP., MP	NIDN 0026096904
Ir. Budi Sustriawan, M.Si	NIDN 0008106703

JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
PURWOKERTO
NOVEMBER, 2014

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL**

- | | | | |
|----|-------------------------|---|---|
| 1 | Judul Penelitian | : | Formulasi Produk Pangan Darurat Berbasis Tepung Jagung dan Tepung Tempe Menggunakan Teknologi <i>Intermediate Moisture Foods (IMF)</i> |
| 2 | Tema | : | Ketahanan dan Keamanan Pangan |
| 3 | Ketua Peneliti | : | |
| | a. Nama Lengkap | : | Dr. Nur Aini, S.TP., MP |
| | b. Jenis kelamin | : | P |
| | c. NIP | : | 19730201 199702 2001 |
| | d. Jabatan Struktural | : | - |
| | e. Jabatan Fungsional | : | Lektor |
| | f. Perguruan Tinggi | : | Universitas Jenderal Soedirman |
| | g. Jurusan/Fakultas | : | Teknologi Pertanian/Pertanian |
| | h. Pusat Penelitian | : | - |
| | i. Alamat | : | Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto |
| | j. Telpon/Faks | : | 0281 621094/638791 |
| | k. Alamat rumah | : | Griya Satria Indah Sumampir blok O-23 Pwkt |
| | l. Telpon/Fax/email | : | 085218005115/ nuraini_munawar@yahoo.com |
| 4. | Jangka Waktu Penelitian | : | 3 tahun |
| | Penelitian tahun ke | : | Tiga |
| 5. | Jumlah biaya | : | Rp 245.000.000,00 |

Purwokerto, 10 November 2014

Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Anisur Rosyad, MS
NIP 19581027 198511 1 001

Ketua Peneliti

Dr. Nur Aini, S.TP., MP
NIP 19730201 199702 2 001

Mengetahui,
Ketua LPPM UNSOED



Prof. Dr. Totok Agung DH, MP., Ph.D.
NIP 19630923 198803 1 001

RINGKASAN

Titik kritis dari suatu dampak bencana adalah pemenuhan kebutuhan pangan masyarakat korban bencana karena dikhawatirkan dapat terjadi bencana lanjutan seperti kurang gizi. Sifat penting pangan darurat adalah mudah digunakan atau dikonsumsi, aman saat dikonsumsi, mudah didistribusikan, dan memiliki kandungan nutrisi yang cukup. Pangan darurat sebaiknya tidak mengandung bahan yang menyebabkan alergi, mudah ditelan dan tidak menyebabkan rasa haus.

Penelitian bertujuan menghasilkan formula pangan darurat berbahan baku tepung jagung-kacang merah yang memenuhi standar kecukupan produk pangan darurat, dapat diterima dan layak diproduksi dalam jumlah besar. Secara khusus penelitian pada tahun pertama bertujuan untuk mendapatkan pola isotherm sorpsi bahan baku tepung jagung-kacang merah yang akan digunakan dalam formulasi pangan darurat dan menghasilkan prototipe produk pangan darurat melalui teknologi *intermediate moisture foods (IMF)* memenuhi standar kecukupan gizi produk pangan darurat, mudah ditelan dan tidak menyebabkan haus. Penelitian yang dilakukan pada tahun pertama meliputi pembuatan tepung jagung dan tepung kacang merah instant; penghitungan formula awal produk, penentuan isotherm sorpsi bahan dan formula; pembuatan produk IMF dan analisa sifatnya. Penelitian tahun kedua berupa kajian umur simpan menggunakan beberapa jenis pengemas.

Formulasi produk pangan darurat yang terbaik didapatkan dari dengan komposisi formula tepung jagung Lokal 40%, tepung tempe 18%, susu bubuk *full cream* 12%, gula halus 18% dan minyak goreng 12%. Penambahan air sebanyak 47.3 gram dan sorbitol 5% atau sebanyak 2.5 gram. Formula tersebut mengandung kadar protein 7,1 % atau 3.55 gram per bar, kadar lemak sebesar 22.59 % atau 11.29 gram per bar dan kadar karbohidrat *by difference* 62.43% atau 31.21 gram per bar. Jumlah energy yang dihasilkan dari pangan darurat ini sebesar 240.71 kkal/bar. Hasil ini memenuhi target kebutuhan kalori harian untuk pangan darurat sebesar 233 kkal/bar. Oleh karena itu untuk menghasilkan 2100 kkal/bar per hari, maka produk pangan darurat harus dikonsumsi sebanyak 9-10 bar

Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung instan mempunyai bentuk kurva *isotherm sigmoid* (tipe II) pada keempat varietas tepung jagung. Kurva ISA tepung jagung berdasar percobaan mendekati prediksi model GAB hampir pada semua aktivitas air. Model BET lebih tepat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer (air terikat primer) pada tepung jagung instan, dan nilai air terikat primer pada tepung jagung instan sebesar 3,300 sampai 3,690 persen.

Kombinasi perlakuan jenis kemasan dan humektan pada masa simpan tertentu pangan darurat yang terbaik adalah kombinasi kemasan aluminium foil dan gliserol pada masa simpan 9 hari dengan kadar abu 0,49 %, kadar lemak 20,71 % dan total mikroba sebesar 2,05 CFU/g.

Kata kunci: pangan darurat, tepung jagung instant, tempe, intermediate moisture foods, aluminium foil

DAFTAR ISI

No	Halaman
I	PENDAHULUAN
A.	Latar belakang 1
B.	Tujuan penelitian 4
II	TINJAUAN PUSTAKA
A.	Pangan darurat 7
B.	Intermediate moisture foods 9
C.	Moisture Sorpsi isotherm 13
D.	Humektan 21
E.	Tepung jagung instan 26
F.	Tepung kedelai 29
G.	Tepung tempe instan 31
H.	Kemasan 34
I.	Masa simpan 39
III	METODE PENELITIAN
A.	Tempat dan waktu 41
B.	Bahan dan alat 41
C.	Pelaksanaan penelitian 42
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN
A.	Karakterisasi bahan baku untuk formula produk 48
B.	Formulasi pangan darurat 51
C.	Isotherm sorpsi air bahan baku 55
D.	Analisis Moisture sorpsi isotherm bahan baku dengan metode BET dan GAB 61
E.	Penentuan jumlah air dan humektan 68
F.	Karakteristik produk 72
G.	Karakteristik produk selama penyimpanan 95
H.	Pembahasan umum 112
V	KESIMPULAN DAN SARAN 115
	DAFTAR PUSTAKA 117
	LAMPIRAN 120

DAFTAR TABEL

No	Judul table	Halaman
1.	Klasifikasi pangan semi basah berdasarkan bahan dasar, cara pengolahan dan daya awet	12
2.	Kadar air beberapa jenis humektan pada suhu kamar	22
3.	Sifat fisik gliserol	24
4.	Nilai Ei persamaan Groover	26
5.	Komposisi kimia jagung kuning dan putih	28
6.	Kandungan asam lemak essensial biji kedelai tiap 100 gram	30
7.	Komposisi zat gizi tepung tempe kedelai	33
8.	Komposisi gizi bahan yang digunakan dalam formulasi pangan darurat	51
9.	Formula awal produk pangan darurat tepung jagung-kedelai	51
10.	Formula awal produk pangan darurat tepung jagung-tempe	51
11.	Prediksi kecukupan nutrisi pangan darurat dari empat formula tepung jagung-tepung kedelai	52
12.	Prediksi kecukupan gizi formulasi produk pangan darurat tepung jagung-tempe	53
13.	Kadar air monolayer (m_0), konstanta (C, k) sesuai model GAB dan BET pada tepung jagung instan varietas Pioneer, Bisi, Canggal dan Srikandi	61
14.	Penambahan jumlah air pada formulasi produk pangan darurat dari tepung jagung-kedelai dan tepung jagung-tempe	69
15.	Hasil pengujian sensoris penambahan humektan terhadap after taste pangan darurat	71
16.	Hasil analisis proksimat formulasi produk pangan darurat terpilih	92
17.	Hasil analisis mikrobiologi produk terpilih selama empat minggu	93
18.	Ringkasan hasil analisa zat gizi pangan darurat yang dipengaruhi jenis humektan, pengemas dan waktu penyimpanan	95
19.	Hasil analisis mikrobiologi pangan darurat selama penyimpanan	107
20.	Hasil analisis pangan darurat terbaik	114

DAFTAR GAMBAR

No	Judul gambar	Halaman
1.	Bentuk kurva moisture sorption hysteresis pada bahan makanan secara umum	14
2.	Tiga bentuk tipe kurva adsorpsi isotherm yaitu tipe I, II dan III	16
3.	Peta stabilitas bahan pangan	18
4.	Struktur sorbitol	23
5.	Struktur gliserol	25
6.	Proses produksi IMF dengan metode moist infusion	46
7.	Bahan baku tepung instan yang dihasilkan dari tempe, jagung Pioneer, jagung Bisi, jagung Canggal dan jagung Srikandi	49
8.	Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Bisi	57
9.	Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Pioneer	58
10.	Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Srikandi	59
11.	Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Canggal	60
12.	Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung tempe	60
13.	Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung kedelai	61
14.	Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Pioneer berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET	64
15.	Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Bisi berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET	63
16.	Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Srikandi berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET	66
17.	Kurva moisture sorpsi isotherm tepung jagung Canggal berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET	67
18.	Kurva moisture sorpsi isotherm tepung kedelai berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET	68
19.	Kurva moisture sorpsi isotherm tepung tempe berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET	68
20.	Kadar protein total pangan darurat yang dipengaruhi interaksi varietas jagung dan jenis humektan	77
21.	Pengaruh jenis humektan terhadap kadar protein total pangan darurat dari tepung jagung-kedelai	78
22.	Kadar lemak pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang dipengaruhi interaksi antara varietas jagung dan jenis humektan	80
23.	Pengaruh interaksi varietas jagung dan jenis humektan	81

terhadap kadar lemak pangan darurat dari tepung jagung-kedelai	
24. Pengaruh kombinasi varietas jagung dan penambahan humektan terhadap kadar air pangan darurat	82
25. Kadar air pangan darurat dari tepung jagung-kedelai pada beberapa varietas jagung	83
26. Kadar karbohidrat pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang dipengaruhi interaksi antara varietas jagung dan jenis humektan	84
27. Kadar abu pangan darurat dari tepung jagung-kedelai yang dipengaruhi varietas jagung dan jenis humektan	85
28. Hasil uji hedonik pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang dipengaruhi varietas jagung	88
29. Hasil uji hedonik pangan darurat dari tepung jagung-kedelai yang dipengaruhi varietas jagung	88
30. Hasil uji sensoris rasa pangan darurat dari tepung jagung-kedelai yang dipengaruhi varietas jagung	89
31. Hasil uji sensoris rasa pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang dipengaruhi varietas jagung	90
32. After taste pangan darurat dari tepung jagung-kedelai yang dipengaruhi varietas jagung	91
33. After taste pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang dipengaruhi varietas jagung	91
34. Pertumbuhan total mikroba dan kapang selama empat minggu pada produk	94
35. Kadar air pangan darurat pada berbagai jenis kemasan	98
36. Kadar air pangan darurat pada berbagai masa simpan.	99
37. Pengaruh interaksi humektan, kemasan dan masa simpan terhadap kadar air pangan darurat.	100
38. Kadar lemak pangan darurat pada berbagai jenis kemasan	102
39. Pengaruh interaksi humektan, kemasan dan masa simpan terhadap kadar lemak pangan darurat.	103
40. Kadar abu pangan darurat pada berbagai jenis kemasan	104
41. Kadar abu pangan darurat pada berbagai masa simpan	105
42. Kadar abu pangan darurat pada berbagai perlakuan humektan dan kemasan	105
43. Pengaruh kombinasi perlakuan interaksi humektan dan kemasan dengan masa simpan terhadap kadar abu pangan darurat.	106
44. Pengaruh jenis kemasan terhadap total mikroba dan kapang khamir.	109
45. Pengaruh interaksi humektan, kemasan dan masa simpan	109

	terhadap total mikroba pangan darurat.	
46.	Nilai rasa pangan darurat pada kombinasi perlakuan interaksi humektan dan kemasan dengan masa simpan.	111
47.	Kesukaan pangan darurat pada kombinasi perlakuan interaksi humektan dan kemasan dengan masa simpan.	112

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul lampiran	Halaman
1.	Diagram alir pembuatan tepung jagung instan	127
2.	Diagram alir pembuatan tepung tempe instan	128
3.	Kuisisioner uji sensori	129
4.	Hasil analisa nilai gizi selama penyimpanan menggunakan variasi pengemas dan humektan	130
5.	Artikel jurnal nasional akreditasi (AGritech)	134
6.	Cover luaran (Buku Teknologi Fermentasi pada Tepung Jagung, Penerbit Graha Ilmu, 2013)	140
7.	Draft publikasi internasional	141

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia terletak di wilayah yang merupakan pertemuan lempeng-lempeng tektonik sehingga memiliki kondisi geologi yang rawan bencana. Salah satu konsekuensinya adalah banyak daerah-daerah di Indonesia memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap bencana alam.

Bencana mengakibatkan adanya beberapa masalah baru, diantaranya pengungsi yang membutuhkan persediaan pangan dalam jumlah cukup. Mie instan merupakan makanan yang selama ini banyak diberikan bagi para pengungsi. Satu bungkus mi instan yang diberikan kepada para pengungsi mempunyai berat 80 gram hanya mengandung sekitar 300 kalori. Jumlah tersebut hanya dapat memenuhi sekitar 15% dari kalori per hari sehingga kurang dapat memenuhi kebutuhan energi tiap orang.

Cara untuk mengatasi masalah bahaya kelaparan pasca bencana yang dapat dilakukan adalah dengan pemberian pangan darurat bagi korban bencana. Penyediaan pangan darurat yang bersifat *ready to eat* diperlukan pada kondisi dimana para korban bencana tidak dapat hidup normal untuk memenuhi kebutuhannya. Produk pangan darurat dapat dikembangkan dan diproduksi oleh daerah, untuk meningkatkan ketahanan pangan didaerahnya dalam menghadapi situasi darurat karena bencana (Sheu, 2007). Berbagai sumber daya lokal dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pangan darurat, misalnya jagung.

Jagung hampir mengandung semua zat gizi yang diperlukan tubuh, diantaranya karbohidrat yang cukup tinggi (73,7 %), protein (9,5 %), mineral, vitamin, terutama vitamin A (510 SI) serta menghasilkan energi 450 kkal dalam 100 gram bahan kering. Selain itu, jagung juga merupakan pangan yang tergolong indeks glikemik sedang dan ketiadaan gluten menjadikan jagung cocok dikonsumsi oleh penderita autisme.

Selain keunggulan jagung ternyata jagung mempunyai masalah yaitu tingginya senyawa mikotoksin, terutama aflatoksin (Abbas et al., 2006, Williams et al., 2005). Dari sejumlah sampel pedagang pengumpul/pengekspor, ditemukan hanya 50% yang mengekspor biji jagung dengan kadar aflatoksin <30 ppb, yang merupakan batas aman untuk dikonsumsi. Tingkat kontaminasi aflatoksin yang cukup tinggi akan membawa dampak yang besar bagi sistem keamanan pangan dan kesehatan manusia (Chassy, 2007). Proses fermentasi spontan pada pembuatan tepung dan pati jagung dapat menghilangkan aflatoksin pada tepung dan pati yang dihasilkan (Aini et al., 2010a; Yuan et al., 2008).

Sifat penting pangan darurat menurut US Agency of International Development (USAID) adalah aman dikonsumsi, enak dan mutu sensorisnya dapat diterima, mudah didistribusikan, mudah digunakan atau dikonsumsi dan memiliki kandungan nutrisi yang cukup. Selain itu pangan darurat hendaknya tidak mengandung bahan yang menyebabkan alergi.

Beberapa kondisi bencana seringkali juga dihadapkan dengan masalah ketersediaan air bersih. Mengingat kondisi yang demikian, desain pangan darurat juga harus meliputi kemudahan ditelan dan tidak menyebabkan rasa haus.

Intermediate Moisture Foods (IMF) merupakan jenis pangan yang bersifat cukup basah sehingga dapat langsung dimakan tanpa rehidrasi dan cukup stabil selama penyimpanan (Furmanik et al., 2009).

IMF berbasis jagung mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai pangan darurat dalam bentuk makanan siap saji (*ready to eat food*). Makanan siap saji tersebut merupakan produk yang mengandung nilai gizi cukup tinggi terutama dalam menyumbangkan energi. Untuk memenuhi standar kualitas makanan siap saji, khususnya dalam penyediaan protein, vitamin dan mineral, perlu dilakukan peningkatan mutu gizinya dengan cara formulasi antara tepung jagung dengan tepung sumber protein (Chen *et al.*, 2006).

Salah satu kriteria pangan darurat adalah memiliki kandungan nutrisi yang cukup. Protein, selain merupakan nutrisi utama juga mempunyai peran terhadap penyerapan zat gizi lain, yaitu besi non-heme dan kalsium (Camara *et al.*, 2007, Vitali *et al.*, 2008). Salah satu sumber protein nabati adalah kedelai. Tempe berasal dari kedelai dengan keunggulan *bioavailability* protein dan kadar mineral, terutama Fe lebih tinggi.

Berdasarkan uraian diatas maka penyiapan produk pangan darurat mutlak diperlukan untuk mengatasi masalah kekurangan gizi pasca bencana. Sejalan dengan hal tersebut maka akan dilakukan pengembangan formula pangan darurat berbahan baku jagung dengan metode *Intermediate Moisture Foods*. Untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas protein, produk pangan darurat akan diperkaya dengan tepung tempe dan tepung kedelai. Formulasi tepung jagung-tepung tempe serta tepung jagung-tepung kedelai menjadi produk pangan darurat

(*emergency food product/EFP*) dengan metode IMF diharapkan dapat menjadi satu alternative dalam pemberian makanan khususnya bagi para pengungsi bencana alam.

Kemasan merupakan salah satu proses yang paling penting untuk menjaga kualitas produk makanan selama penyimpanan, transportasi dan penggunaan akhir. Kemasan yang baik tidak hanya sekedar menjaga kualitas makanan tetapi juga secara signifikan memberikan keuntungan dari segi pendapatan. Selama distribusi, kualitas produk pangan dapat memburuk secara biologis dan kimiawi maupun fisik. Oleh karena itu, kemasan makanan memberikan kontribusi untuk memperpanjang masa simpan dan mempertahankan kualitas dan keamanan produk makanan (Han, 2005). Masing-masing jenis bahan kemasan mempunyai karakteristik tersendiri dan menjadi dasar untuk pemilihan jenis kemasan yang sesuai untuk produk pangan (Elisa dan Mimi, 2006).

B. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah menghasilkan formula pangan darurat berbahan baku tepung jagung-kacang merah yang memenuhi standar kecukupan produk pangan darurat, dapat diterima dan layak diproduksi dalam jumlah besar.

Secara khusus penelitian bertujuan untuk:

1. Mendapatkan formulasi produk pangan darurat berbahan baku tepung jagung-tempe dan tepung jagung-kedelai yang disukai

2. Mendapatkan pola isotherm sorpsi bahan baku tepung jagung-tempe dan tepung jagung-kedelai yang akan digunakan dalam formulasi pangan darurat
3. Menghasilkan prototipe produk pangan darurat melalui teknologi *intermediate moisture foods (IMF)* memenuhi standar kecukupan gizi produk pangan darurat, mudah ditelan dan tidak menyebabkan haus.
1. Mendapatkan formulasi produk pangan darurat berbahan baku tepung jagung-tempe
2. Mendapatkan pola isotherm sorpsi bahan baku tepung jagung-tempe yang akan digunakan dalam formulasi pangan darurat
3. Menghasilkan prototipe produk pangan darurat melalui teknologi *intermediate moisture foods (IMF)* memenuhi standar kecukupan gizi produk pangan darurat, mudah ditelan dan tidak menyebabkan haus.
4. Mengkaji pengemasan yang tepat dan umur simpan prototype produk pangan darurat yang telah dihasilkan
5. Menguji daya terima produk di masyarakat

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat diterapkan untuk memecahkan masalah strategis berskala nasional yaitu:

1. Mengatasi masalah kekurangan pangan dan gizi pada keadaan darurat bencana dengan tersedianya produk pangan darurat yang memenuhi standar kecukupan gizi, mudah ditelan dan tidak menyebabkan haus.

2. Mempercepat terwujudnya diversifikasi pangan gizi sehingga ketahanan pangan dapat segera terwujud
3. Inovasi teknologi yang dapat digunakan oleh pemerintah selalu pengelola kebijakan diversifikasi pangan dengan masyarakat, industri dan peneliti lain

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. PANGAN DARURAT

Menurut IOM (1995), pangan darurat (*emergency food product*) adalah pangan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi harian manusia dalam keadaan darurat. Keadaan darurat yang dimaksud adalah bencana alam, rawan pangan (kelaparan), peperangan, dan kejadian lain yang mengakibatkan manusia tidak dapat hidup secara normal.

Konsep pangan darurat tercakup secara implisit dalam Peraturan Pemerintah No. 68 tahun 2002 mengenai cadangan pangan nasional yaitu meliputi persediaan pangan di seluruh wilayah untuk konsumsi manusia, bahan baku industri, dan untuk menghadapi keadaan darurat. Keadaan darurat yang dimaksud dalam PP tersebut adalah keadaan paceklik yang mengakibatkan terjadinya kekurangan pangan di suatu daerah tertentu, tetapi seiring dengan beruntunnya bencana alam yang dihadapi bangsa Indonesia maka definisi cadangan pangan juga meliputi bahan pangan darurat untuk bencana (*emergency foods*) (Setyaningtyas, 2008).

Karakteristik cadangan pangan untuk kondisi paceklik dan kondisi akibat bencana berbeda. Pada kondisi paceklik, bentuk cadangan pangan merupakan bahan pangan pokok (beras maupun non beras) dengan penyiapan yang lengkap termasuk melalui pemasakan dan pencampuran dengan bahan lain (air, sumber protein dan lain-lain) sedangkan cadangan pangan untuk keadaan darurat akibat

bencana merupakan produk pangan siap santap tanpa melalui proses pemasakan dan penambahan bahan lainnya.

Persyaratan mengenai pangan darurat belum ditetapkan di Indonesia, meskipun konsep pangan darurat telah ada dalam peraturan pemerintah. Menurut Zoumas *et al.* (2002), persyaratan pangan darurat mengacu pada *US Agency of International Development* (USID) yang memberikan spesifikasi untuk produk pangan darurat sebagai berikut :

- a. dapat dikonsumsi dalam keadaan bergerak tanpa memerlukan persiapan dan pemasakan,
- b. Memenuhi kebutuhan kalori 2100 kkal/hari dan kebutuhan gizi untuk populasi umur di atas 6 bulan,
- c. Dapat diterima oleh semua etnik dan semua agama, serta tidak menggunakan bahan yang dapat menimbulkan alergi,
- d. Dapat dijatuhkan dari udara tanpa merusak produk dan tidak mencelakakan orang yang ada di bawah,
- e. Mempunyai nilai gizi makro dan mikro yang lengkap.

Pangan darurat harus memenuhi kebutuhan kalori yang dibutuhkan dari berbagai komponen makronutrient penyumbang energi dengan kadar air yang rendah. Jumlah lemak yang direkomendasikan oleh Zoumas *et al.* (2002) adalah 35-45% dari total kalori yang dibutuhkan atau sekitar 9-12 gram per 50 gram. Bila jumlah lemak lebih dari 45 % total energi maka produk akan menjadi kurang stabil. Makronutrien lainnya selain lemak adalah protein. Protein dalam pangan

darurat adalah 10-15% dari total energi atau sekitar 7,9 gram per 50 gram. Jumlah ini direkomendasikan untuk menghindari timbulnya gangguan pada ginjal dan rasa haus yang berlebihan (Zoumas *et al.*, 2002).

Sumber utama karbohidrat ialah pati yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan spesifik untuk rasa, palatabilitas, stabilitas dan fungsi metabolis. Karbohidrat memberikan sumbangan energi sebesar 40-50% dari total 700 kkal atau 23-35 gram per 50 gram. Karbohidrat merupakan salah satu sumber utama energi pada produk pangan darurat di samping lemak, memberikan rasa manis, menghasilkan sifat-sifat fisik yang diinginkan pada produk dan juga berperan penting dalam penyerapan natrium untuk mempertahankan keseimbangan elektrolit tubuh.

B. *INTERMEDIATE MOISTURE FOODS (IMF)*

Salah satu alternatif produk pangan yang dapat dijadikan pangan darurat adalah pangan semi basah (PSB) atau *Intermediate Moisture Foods (IMF)*. Menurut Christian dan Troller (1978), pangan semi basah adalah pangan yang memiliki sifat plastis dan lunak yang dapat langsung dikonsumsi, tidak menyebabkan rasa haus, tidak memerlukan pemasakan terlebih dahulu serta dapat disimpan pada suhu kamar dalam jangka waktu lama. Sedangkan menurut Hegenbart (1996), pangan semi basah adalah pangan yang memiliki tekstur lunak, diolah menggunakan satu perlakuan atau lebih, dapat dikonsumsi langsung, memiliki daya simpan selama beberapa bulan, tanpa perlakuan sterilisasi termal,

pendinginan ataupun pembekuan, tetapi cukup dengan mengatur formulasi (komposisi, pH, bahan tambahan makanan dan a_w).

Pangan semi basah atau IMF memiliki kandungan air yang cukup rendah dan kalori yang terkandung dapat ditingkatkan dengan mengatur formulanya. Selain itu, produk pangan semi basah bersifat stabil atau memiliki tingkat keawetan selama beberapa bulan tanpa adanya perlakuan pengawetan lain seperti pengeringan, pendinginan maupun pembekuan. Hal ini disebabkan oleh aktivitas air dalam produk pangan semi basah sebesar 0.70 – 0.85 dengan kandungan air antara 20 – 50% (berat basah), sehingga tidak memungkinkan bakteri tumbuh (Fennema 1996).

Menurut Sudarsono (1981), pangan semi basah digolongkan berdasarkan daya awetnya, yaitu daya awet antara 0 – 1 minggu seperti tape ubi kayu, daya awet antara 1 minggu – 1 bulan seperti ikan pindang, dan daya awet yang lebih dari 1 bulan seperti dodol garut dan kecap. Tabel 1 memperlihatkan klasifikasi pangan semi basah berdasarkan bahan dasar, cara pengolahan dan daya awetnya.

Ciri khas IMF yang mempunyai kadar air 10-40 % dan a_w 0,6-0,9 menjadikan IMF mempunyai keawetan yang cukup karena kondisi yang demikian tidak efektif untuk pertumbuhan bakteri maupun khamir yang bersifat patogen (Prabhakar and Richard, 1999). Hal ini merupakan kelebihan dari IMF karena dapat disimpan tanpa proses pengawetan yang lain seperti pendinginan, sterilisasi atau pengeringan. Hal ini juga ditunjang oleh kondisi substrat IMF yang bersifat sebagai pengawet (Muhtaseb *et al*, 2002).

Karakteristik produk IMF memiliki beberapa keunggulan dibandingkan produk kering konvensional atau makanan berkadar air tinggi. Proses pengolahan IMF lebih hemat energi dibandingkan pengolahan menggunakan proses pengeringan, pendinginan, pembekuan dan pengalengan. Teknologi IMF juga menghasilkan produk dengan kadar air yang tidak terlalu tinggi sehingga produk mempunyai kadar nutrisi dan densitas kalori yang tinggi. Sifat IMF yang mudah dikunyah tanpa adanya rasa kering menjadikannya dapat secara langsung dikonsumsi tanpa penyiapan sehingga lebih menyenangkan dan hemat energi. IMF juga dapat dibentuk dengan ukuran dan bentuk geometris yang memudahkan pengemasan (Sych dan Benjamin, 2003).

Keunggulan produk IMF sesuai dengan kebutuhan konsumen modern terhadap produk pangan dengan densitas nutrisi tinggi. IMF sangat diperlukan untuk suplai bahan pangan dengan keterbatasan waktu persiapan, misalnya pada keadaan darurat, untuk keperluan ruang angkasa, dan pendakian gunung (Maltini *et al.*, 2003).

Tabel 1. Klasifikasi pangan semi basah berdasarkan bahan dasar, cara pengolahan dan daya awet

Jenis	Soekarto (1979)	Karel (1976)	Sudarsono (1981)
I	Hasil fermentasi seperti kecap, tape dan terasi.	Hasil olahan tanpa penambahan humektan.	Daya awet 0-1 minggu seperti tape ubi kayu dan wingko babat.
II	Hasil olahan dengan garam/gula seperti telur asin dan manisan buah.	Hasil olahan dengan gula.	Daya awet 1 minggu sampai 1 bulan seperti ikan peda dan ikan pindang.
III	Hasil olahan tepung seperti dodol, jenang, onde-onde dan pia	Hasil olahan dengan pengeringan dan penambahan gula dan garam	Daya awet lebih dari 1 bulan seperti madu, kecap, dodol garut, terasi, telur asin dan tauco.
IV	Produk bakery		

Karel (1976) menggolongkan pangan semi basah menjadi dua tipe, yaitu tradisional dan modern. IMF tradisional adalah hasil olahan tanpa penambahan humektan, hasil olahan dengan penambahan gula, hasil olahan dengan penambahan gula dan garam, serta produk rerotian (*bakery*). IMF modern dibagi menjadi tiga tipe berdasarkan cara pengolahannya, yaitu (1) pencelupan basah (*moist infution*), dimana bahan pangan padat direndam dalam larutan sehingga produk akhirnya mempunyai nilai a_w seperti yang diinginkan, (2) pencelupan kering (*dry infution*), dimana bahan pangan mula-mula didehidrasi kemudian direndam dalam larutan osmotik sampai tingkat a_w yang diinginkan misalnya

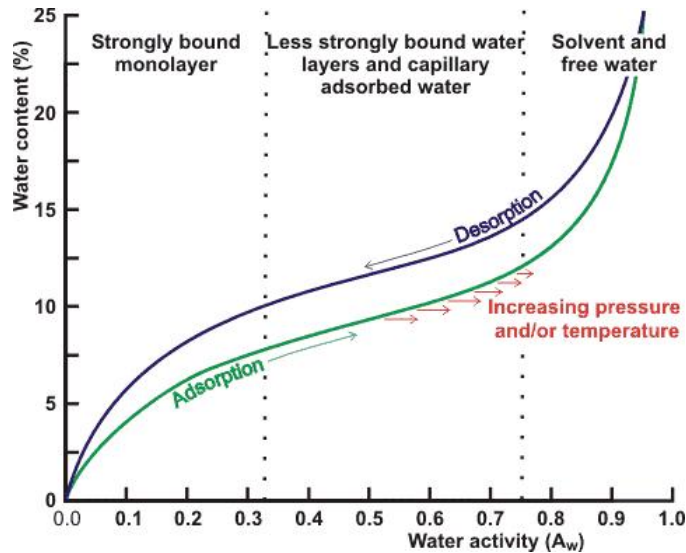
manisan buah, dan (3) pencampuran (*blending*) dimana komponen-komponen bahan pangan ditimbang, dicampur, dimasak dan diekstrusi atau perlakuan lain untuk mencapai a_w produk yang diinginkan sehingga menghasilkan makanan dengan a_w tertentu misalnya selai (*jam*) dan dodol.

Penelitian tentang IMF sebagai pangan darurat telah dilakukan oleh beberapa orang. Setyaningtyas (2008) telah membuat formulasi pangan darurat berbasis tepung ubi jalar yang hanya dapat dikonsumsi sampai satu minggu setelah diproduksi. Formulasi pangan darurat dari buah sukun menghasilkan produk dengan daya cerna pati rendah karena tingginya amilopektin pada produk (Sukmaningrum, 2003). Noeroktiana (2008) telah melakukan formulasi pangan semi basah dari tepung kedelai dan dekstrin tapioka yang masih dapat disimpan sampai dua minggu, akan tetapi pembuatan dekstrin cukup memakan waktu.

C. *MOISTURE SORPSI ISOTHERM*

Hubungan antara kadar air dan *water activity* (a_w) bersifat kompleks. Peningkatan a_w sering diikuti dengan peningkatan kadar air, tetapi hal ini sering menunjukkan kecenderungan yang nonlinear. Hubungan antara A_w dan kadar air pada suhu tertentu disebut *moisture sorption isotherm*. Kurva ini ditentukan secara eksperimental. Kurva hubungan a_w dan kadar air pada bahan makanan secara umum dapat dilihat pada Gambar 1. Salah satu konsep penting pada bahan pangan dalam bentuk kering adalah kesetimbangan kadar air, dimana tingkat kadar air suatu bahan pangan berada dalam kesetimbangan dengan suatu lingkungan yang mempunyai tingkat suhu dan kelembaban tertentu. Kondisi

kadar air kesetimbangan dengan RH udara sekitar bahan (Me) sangat berperan dalam proses pengeringan dan penyimpanan (Handerson dan Perry, 1976).



Gambar 1. Bentuk kurva *moisture sorption hysteresis* pada bahan makanan secara umum (Labuza, 2002)

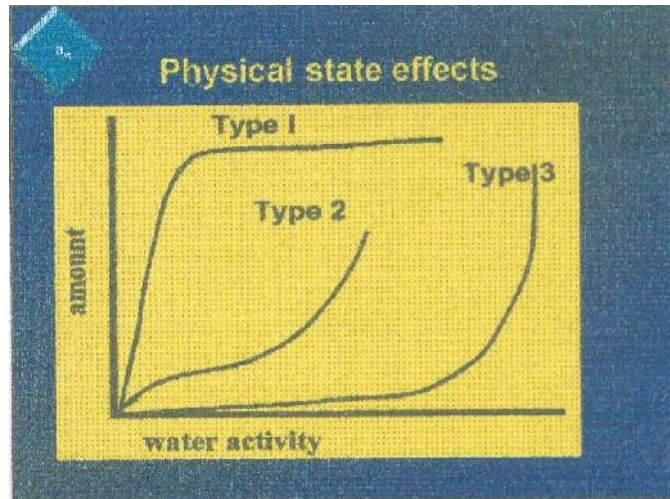
Soekarto (1978) menyatakan adanya tiga fraksi air terikat, yaitu air terikat primer, air terikat sekunder dan air terikat tersier. Daerah A (air terikat primer) menunjukkan fraksi air yang terikat sangat kuat, dengan enthalpy penguapan lebih besar daripada enthalpy penguapan air murni. Air terikat primer tidak dapat berfungsi sebagai pelarut atau pemlastis, merupakan bagian dari padatan karena air ini diabsorpsi pada sisi aktif bagian polar padatan. Daerah B (air terikat sekunder) menunjukkan fraksi air yang terikat kurang kuat dibandingkan air terikat primer, dengan enthalpy penguapan sedikit lebih besar daripada enthalpy penguapan air murni. Sebagian air terikat sekunder dapat berfungsi sebagai pelarut atau pereaksi, dan dapat dikatakan sebagai bentuk transisi kontinyu dari air

terikat primer ke air tersier. Daerah C (air terikat tersier) menunjukkan fraksi air yang terikat lemah. Sifat-sifat yang dimiliki mendekati sifat air bebas serta tidak dijumpai adanya energi pengikatan yang lebih besar daripada air murni.

Syarief dan Halid (1991) menyatakan bahwa bahan pangan baik sebelum maupun setelah diolah secara alami mempunyai sifat yang sangat higroskopis, yaitu dapat menyerap air dari udara di sekelilingnya dan sebaliknya dapat melepaskan sebagian air yang terkandung di dalamnya ke udara. Sifat-sifat hidratisasi ini dapat digambarkan dengan *kurva moisture sorpsi isothermis*. Moisture sorpsi isothermis dapat ditunjukkan dalam bentuk kurva isothermis sorpsi yang khas pada setiap bahan.

Labuza (1984) mengklasifikasikan kurva isotherm sorpsi ke dalam 3 tipe (Gambar 2), antara lain tipe I adalah tipe Langmuir, tipe II adalah bentuk sigmoid atau huruf S dan tipe III (tipe Flory-Huggins). Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui pada umumnya kurva *moisture sorpsi isothermis* tidak linier. *Moisture sorption isotherms* mempunyai bentuk sigmoidal untuk banyak makanan, meskipun untuk makanan yang mempunyai kadar gula tinggi atau molekul terlarut rendah mempunyai kurva isotherm yang berbentuk J. Kurva isothermis sorpsi tipe I merupakan bentuk khas dari senyawa antikempal. Senyawa antikempal mampu menyerap banyak air dengan ikatan hydrogen yang kuat sehingga dapat menurunkan aw secara dramatic. Itulah sebabnya dalam Gambar 2, kurva tipe I menunjukkan kenaikan vertical yang tajam pada aw rendah. Ketika seluruh gugus polar sudah mengikat air maka setiap tambahan kadar air menyebabkan kenaikan

aw yang besar. Hal ini terjadi karena bahan tersebut tidak larut sehingga tambahan air hanya akan berinteraksi dengan air yang sudah ada dan bersifat seperti air bebas.



Gambar 2. Tiga bentuk tipe kurva isotherm adsorpsi yaitu tipe I, tipe II dan tipe III

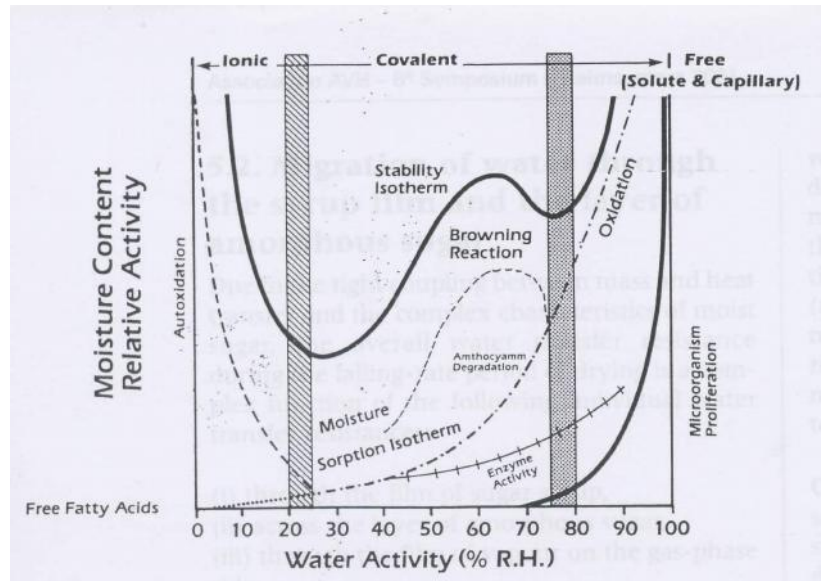
Bahan makanan kering umumnya termasuk isothermis sorpsi tipe II. Bentuk kurva isothermis sorpsi II yang berbentuk huruf S disebabkan pengaruh akumulatif dari ikatan hydrogen, Hukum Raoult, kapiler dan interaksi antara permukaan bahan dengan molekul air. Pada kurva tersebut terdapat dua lengkungan, lengkungan pertama pada aw sekitar 0,2 sampai 0,4 dan yang lain pada aw 0,7 sampai 0,8. Kedua lengkungan ini merupakan akibat perubahan sifat fisikokimia pengikatan air oleh bahan (Labuza, 1984). Tipe III mewakili sifat isotherm sorpsi bahan berbentuk kristal, contohnya gula murni. Bahan tersebut hanya menyerap sedikit air sampai aw sekitar 0,7 sampai 0,8. Hal ini terjadi karena ikatan air melalui jembatan hydrogen hanya terjadi pada gugus hidroksil

bebas yang terdapat di permukaan kristal saja. Rizvi (1995) menyatakan bahwa bahan pangan yang tinggi akan komponen terlarut seperti gula biasanya mempunyai bentuk kurva *moisture sorpsi isothermis* seperti tipe III

Kegunaan moisture sorpsi isothermis

Kurva *moisture sorpsi isothermis* dapat digunakan untuk perhitungan pendugaan umur simpan produk pangan dengan metode *Accelerated Shelf Life Testing* yaitu penyimpanan produk pangan dalam kondisi lingkungan yang lebih tinggi dari kondisi penyimpanan normal. Sorpsi isothermik dapat digunakan untuk memprediksi waktu proses pengeringan dan menduga energi dari dehidrasi serta dapat memprediksi transfer kadar air pada system pangan, yang multi komponen termasuk pengemasan kedap udara

Aplikasi sorpsi isothermik air sangat dipengaruhi oleh kondisi percobaan yaitu metode yang telah diikuti dalam penetapan kurva sorpsi isothermik seperti adsorpsi atau desorpsi yang berhubungan dengan adanya gejala histeresis dan suhu yang berhubungan dengan aw (Rockland dan Beuchat, 1987). Kurva sorpsi isotherm dalam hubungannya dengan beberapa sifat bahan pangan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta stabilitas bahan pangan (Labuza, 1984)

Syarief dan Halid (1991) melaporkan bahwa sorpsi isothermik dapat menunjukkan pada titik kadar air berapa dapat dicapai tingkat aw yang diinginkan atau yang tidak diinginkan, namun juga menunjukkan terjadinya perubahan-perubahan penting kandungan air yang dinyatakan dalam aw. Model sorpsi isothermik BET (Brumauer, Emmer dan Teller) sangat bermanfaat bagi penentuan kadar air dimana adsorpsi bersifat satu lapis molekul air.

Model kurva moisture sorpsi isotherm

Kurva sorpsi isothermik dibagi menjadi tiga bagian, yaitu daerah fraksi air terikat primer (monolayer), daerah air terikat sekunder (multiplayer) dan daerah air terikat tertier (menunjukkan air yang terkondensasi pada pori-pori bahan (Labuza, 1968). Penentuan analisis fraksi air terikat dapat menggunakan beberapa model matematika tentang sorpsi isothermik yang masing-masing mempunyai

kelebihan dan kekurangan. Beberapa model yang dapat digunakan dalam penentuan fraksi air terikat dalam bahan pangan adalah:

- Model BET

Persamaan model BET merupakan model yang paling luas digunakan dan paling tepat untuk diterapkan pada bahan pangan yang mempunyai kisaran a_w tertentu yaitu 0,05 – 0,45 (Chirife dan Idlesias, 1978 dalam Rizvi 1995). Model ini dapat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer yang diadsorbsi pada permukaan. Kandungan air pada lapisan monolayer ini sangat penting dalam menentukan stabilitas fisik dan kimia bahan yang dikeringkan. Secara umum bentuk model persamaan BET adalah:

$$\frac{a_w}{(1-a_w)M} = \frac{1}{M_0C} + \frac{C-1}{M_0C} a_w \quad (\text{Persamaan 1})$$

M_0 = nilai monolayer

M = kadar air (g air/g bahan kering) pada aktivitas air a_w

C = konstanta

Dasar persamaan BET dikemukakan oleh Rizvi (1995) yaitu kondensasi pada lapisan pertama sebanding dengan laju penguapan dari lapisan kedua, energi ikatan seluruh molekul penyerap (adsorben) pada lapisan pertama sama, energi ikatan pada lapisan lain sebanding dengan energi ikatan adsorben murni. Asumsi lebih jauh tentang permukaan adsorben yang seragam dan tidak adanya interaksi lateral antara molekul adsorben adalah tidak benar, karena interaksi pada

permukaan bahan pangan sangat beragam. Namun demikian model ini terbukti sangat berguna dalam menentukan kadar air optimum pada proses pengeringan dan stabilitas selama penyimpanan serta dalam memperkirakan area permukaan bahan pangan.

- Model GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer)

Model persamaan ini memiliki tiga parameter yang masing-masing diturunkan secara terpisah oleh Guggenheim (1966), Anderson (1946) dan de Boer (1953). Bentuk persamaan GAB secara umum adalah sebagai berikut:

$$M = \frac{M_o C K a_w}{K a_w (1 - K a_w) + C K a_w} \quad \text{(Persamaan 2)}$$

M_o : kadar air monolayer

M : kadar air (g air/g bahan kering) pada aktivitas air a_w

C : $c \exp (H_1-H_0)/RT$

K : $k \exp [(H_1-H_0)/RT]$

k : konstanta

Model GAB mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan model BET yaitu memiliki latar belakang yang bersifat teoritis, dapat mendeskripsikan sifat sorpsi isothermis pada hampir semua bahan pangan pada kisaran a_w $0,1 < a_w < 0,9$, mempunyai bentuk persamaan matematika yang sederhana dengan tiga parameter, parameter yang dimiliki mempunyai makna fisik proses sorpsi yaitu dapat menentukan nilai konstanta C dan K yang berhubungan dengan energi interaksi antara air dan bahan, serta nilai M_o yang menunjukkan kadar air sat

terjadi satu lapis molekul air dan mampu menggambarkan pengaruh suhu terhadap sorpsi isothermik dengan menggunakan persamaan Arrhenius (Rizvi, 1995). Model GAB ini dapat digunakan untuk penentuan kapasitas air terikat tersier.

D. HUMEKTAN

Prinsip dasar pembuatan IMF adalah menurunkan a_w bahan sampai mencapai zona a_w IMF. Penurunan a_w tersebut dapat dicapai dengan mengeringkan bahan. Akan tetapi produk kering biasanya memerlukan rehidrasi sebelum dapat dikonsumsi. Masalah tersebut dapat di atasi dengan menggunakan humektan. Humektan adalah bahan yang dapat menurunkan nilai a_w tetapi dapat mempertahankan kandungan air yang terdapat pada produk, serta dapat berfungsi sebagai *plasticizer* (Taoukis *et. al.*, 1999).

Penggunaan humektan telah dilakukan pada industri-industri makanan untuk menurunkan a_w dalam menghasilkan *Intermediate Moisture Food* (IMF) yang tahan disimpan pada suhu kamar tanpa pengemasan aseptis. Pengawetan bahan pangan dengan pengaturan a_w sangat cocok karena relatif murah dan dapat memakai teknologi tepat guna (Adnan, 1980). Berbagai humektan mempunyai sifat mengikat air yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar air beberapa bahan humektan pada suhu kamar

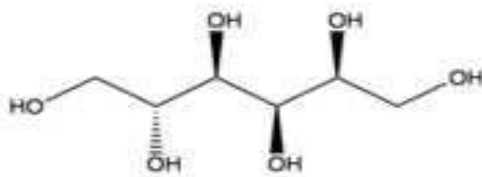
Jenis bahan	Kadar air (%db)		
	a_w 0.7	a_w 0.8	a_w 0.9
Kasein	15	19	26
Tepung kentang	28	20	28
Tepung susu	28	56	92
Glicerol	64	108	215
Sorbitol	46	67	135
Sukrosa	38	56	77
Polietil glikol	38	60	120
Tepung jagung	16.5	19.7	26.7
NaCl	-	332	605

Sumber: Karel (1976)

Menurut Sinskey (1976) ada tiga jenis mekanisme penggunaan humektan. Pertama kemampuannya menurunkan a_w , kedua kemampuannya mempertahankan kadar air dan ketiga pengaruhnya terhadap pertumbuhan mikroba selain sifat a_w dan kadar air. Selain kemampuannya mengikat air dan menurunkan a_w , dapat juga berperan dalam memperbaiki tekstur, cita rasa dan nilai kalori (Sloan *et al.*, 1976). Penambahan humektan dalam pembuatan pangan semi basah dapat berupa sorbitol dan gliserol. Menurut Badan POM, sorbitol merupakan monosakarida poliol (*1,2,3,4,5,6-Hexanehexol*) dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Sorbitol berupa senyawa yang berbentuk granul atau kristal dan berwarna putih dengan titik leleh berkisar antara 89° sampai dengan 101°C. Sorbitol mudah larut dalam air tetapi tidak dapat larut dalam pelarut organik kecuali etanol (Hough *et al.*, 1979).

Tingkat kemanisan sorbitol 0.48-0.54 dari sukrosa. Sorbitol berwarna putih, tidak berbau, bersifat higroskopik, dan menimbulkan *aftertaste* dingin (Hough *et*

al., 1979). Nilai kalori sebesar 2,6 kkal/g atau setara dengan 10,87 kJ/g. Penggunaan sorbitol tergolong GRAS, tetapi jika dikonsumsi lebih dari 50 gram/hari akan menimbulkan efek laksatif atau diare (*Caloriecontrol*, 2006). Struktur kimiawi sorbitol dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 1. Struktur kimia sorbitol

Gambar 4. Struktur sorbitol

Gliserol merupakan *plasticizer* yang tergolong dalam senyawa poliol yang memiliki tiga gugus hidroksil dalam satu molekul (alkohol *trivalen*). Rumus kimia gliserol adalah $C_3H_8O_3$ dengan berat molekul 92,10, massa jenis 1,23 g/cm³ serta titik didihnya 204°C (Winarno, 2004). Gliserol berfungsi sebagai penyerap air (humektan) dan *platicizer*. Gliserol juga biasa digunakan untuk mengatur kandungan air dalam makanan sehingga dapat mencegah kekeringan pada makanan. Gliserol berbentuk cair dengan rasa manis agak pahit (*bittersweet*) (Igoe dan Hui, 1994).

Gliserol atau 1,2,3-propanatriol merupakan senyawa dengan tiga gugus hidroksil yang mempunyai kekentalan yang tinggi, tidak berbau, tidak berwarna,

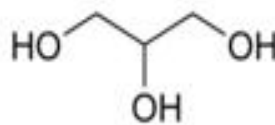
dan berasa manis (0,75 kali sukrosa). Sifatnya yang higroskopis membuat gliserol menyerap air di udara. Sifat fisik gliserol disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat fisik gliserol

Sifat Fisis	Satuan	Nilai
Titik leleh	$^{\circ}\text{C}$	18,17
Titik didih	$^{\circ}\text{C}$	
0,53 kPa		14,9
1,33 kPa		166,1
13,33 kPa		222,4
101,3 kPa		290,4
Bobot jenis (25°C)	Kg/l	1.262
Tekanan Uap	Pa	
50°C		0,33
100°C		526
150°C		573
200°C		6100
Tegangan Permukaan (20°C)	mN/m	63,4
Viskositas (20°C)	Mpa.s	1499
Kalor Penguapan	J/mol	
55°C		88,12
95°C		76,02
Kalor Pelarutan	kJ/mol	5,778
Kalor Pembentukan	kJ/mol	667,8
Titik Nyala	$^{\circ}\text{C}$	204

Sumber : Knothe, 2005

Menurut Winarno (2004) gliserol merupakan *plasticizer* yang tergolong dalam senyawa poliol yang memiliki tiga gugus hidroksil dalam satu molekul (alkohol trivalen). Gliserol berfungsi sebagai penyerap air, pembentuk kristal. Gliserol bersifat mudah larut dalam air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat air dan menurunkan a_w .



Gambar 5. Struktur gliserol

Tingkat kemanisan gliserol adalah 0.75 kali sukrosa. Penggunaan gliserol dalam jumlah besar dapat menimbulkan rasa pahit (Fennema, 1996). Menurut Lindsay (1985), gliserol bersifat mudah larut dalam air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat air dan menurunkan a_w . Gliserol banyak digunakan pada produk *confectionary* (permen dan *marshmallow*), sebagai pelarut *flavor*, untuk menurunkan lemak pada *frozen dessert*, dan mencegah pembentukan kristal es (Igoe dan Hui, 1994).

Jumlah pemakaian humektan dapat ditentukan menggunakan beberapa persamaan matematika, misalnya persamaan Groover. Groover (1974) memprediksi a_w dari larutan air-gula. Persamaan Groover memprediksi nilai a_w produk berdasarkan komposisi produk dan perbandingan bobot masing-masing komponen dengan total bobot air dalam produk tersebut. Persamaan ini sangat tepat untuk aplikasi produk *confectionery* tetapi tidak tepat untuk pemakaian

humektan dalam konsentrasi tinggi. Persamaan Groover tersaji pada persamaan 1 dan nilai konstanta persamaan Groover dapat dilihat pada Tabel 4.

$$Aw = 1,04 - 0,1 (E^0) + 0,0045 (E^0)^2$$

Dimana $E^0 = \Sigma E_i / m_i$

Tabel 4. Nilai Ei persamaan Groover

Komponen	Ei
Lemak	0
Pati	0,8
Gum	0,8
Pektin	0,8
Sukrosa	1,0
Laktosa	1,0
Gula invert	1,3
Protein	1,3
Asam	2,5
Gliserol	4,0
Natrium klorida	9,0

E. TEPUNG JAGUNG INSTAN

Tanaman jagung (*Zea mays* L.) adalah salah satu jenis tanaman biji-bijian dari keluarga rumput-rumputan (*Graminaceae*) (Warisno, 1998). Menurut Boyer dan Shannon (2003), komponen kimia terbesar dalam biji jagung adalah

karbohidrat (72% dari berat biji) yang sebagian besar berisi pati dan mayoritas terdapat pada bagian endosperma. Endosperma matang terdiri dari 86% pati dan sekitar 1% gula. Pati terdiri dari dua polimer *glucan*, yaitu amilosa dan amilopektin. Secara umum, pati jagung mengandung amilosa sekitar 25-30% dan amilopektin sekitar 70-75%.

Biji jagung merupakan biji serealia yang paling besar dengan berat masing-masing 250–300 mg. Biji jagung berbentuk bulat dan melekat pada tongkol jagung. Susunan biji jagung pada tongkolnya berbentuk spiral. Biji jagung selalu terdapat berpasangan, sehingga jumlah baris atau deret biji selalu genap. Warna biji jagung bervariasi dari putih, kuning, merah, ungu, sampai hitam (Effendi dan Sulistiati, 1991). Jagung tidak mengandung gluten sehingga cocok bagi penderita penyakit autisme dan alergi gluten. Oleh karena itu, jagung tergolong bahan baku yang sesuai untuk pembuatan pangan darurat.

Salah satu bentuk olahan jagung yang paling sederhana adalah pembuatan tepung jagung (Aini, 2009). Pada program diversifikasi pangan, jagung putih varietas Lokal dapat diolah menjadi tepung karena tepung dapat lebih luas digunakan untuk berbagai macam bahan makanan, penyimpanan tepung lebih mudah dan umur simpan lebih lama, serta adanya defisiensi beberapa zat gizi yang dapat dilakukan fortifikasi atau suplementasi bila dalam bentuk tepung. Kandungan gizi jagung kuning dan putih disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi kimia jagung kuning dan putih (tiap 100 g bahan kering)

Komposisi kimia	Jagung kuning pipilan ^{a)}	Jagung putih pipilan ^{b,c)}	Gandum ^{d)}	Beras sosoh
Protein (% bk)	8,3	10,36	13,8	6,9
Lemak (% bk)	4,3	4,9	2,3	0,6
Karbohidrat	84,3	84,2	83,1	85,8
Energi (kkal)	300,7	312	340	330
Kalsium (mg/100 g)	148	85	34	68
Besi (mg/100 g)	3	2,16	5,3	-
Karotenoid total (mg/kg)	30	-	-	-
Vitamin B ₁ (mg/100 g)	0,33	0,38	t.a	t.a

Keterangan : t.a = tidak ada data

Sumber : ^{a)} Watson (1987), ^{b)} hasil pengolahan data asiamaya.com (2009)

^{c)} Aini (2009), ^{d)} Frederick (2007)

Aini (2009) menyatakan bahwa penggilingan biji jagung menjadi tepung adalah proses pemisahan perikarp, endosperm dan lembaga dan dilanjutkan dengan proses pengecilan ukuran. Perikarp harus dipisahkan pada proses pembuatan tepung karena kandungan seratnya tinggi sehingga dapat membuat tepung bertekstur kasar. Pada proses pembuatan tepung, dilakukan pemisahan lembaga karena tanpa pemisahan lembaga akan menyebabkan tepung mudah tengik. Tip cap atau bagian pangkal juga harus dipisahkan karena dapat membuat tepung menjadi kasar. Partikel tip cap akan terlihat sebagai butir-butir hitam yang merusak warna tepung. Pada pembuatan tepung, endosperm merupakan bagian yang digiling menjadi tepung (Aini, 2009). Lebih lanjut Aini (2009) menjelaskan tahapan pembuatan tepung jagung instan. Proses instanisasi tepung dilakukan

setelah biji jagung direndam selama 24 jam kemudian digiling. Instanisasi tepung jagung dengan pengukusan dilakukan selama 30 menit kemudian dikeringkan hingga kering patah. Diagram alir pembuatan tepung jagung instan dapat dilihat pada Lampiran 1.

F. TEPUNG KEDELAI

Sumber utama protein di Indonesia sangat bergantung pada tingkat ekonomi masyarakat. Masyarakat mampu, sumber protein biasanya berupa daging, ayam, telur, susu dan ikan. Masyarakat yang kurang mampu, biasanya berasal dari biji-bijian dan kacang-kacangan terutama kedelai. Biji kedelai tidak dapat dimakan langsung karena mengandung *trypsin inhibitor*. Apabila biji kedelai sudah direbus, pengaruh *trypsin inhibitor* dapat dinetralkan. Kandungan asam amino penting yang terdapat dalam kedelai, yaitu *isoleusin*, *leusin*, *lisin*, *metionin*, *fenilalanin*, *treonin*, *triptopan*, dan *valin*. Disamping itu, kedelai mengandung kalsium, fosfor, besi, vitamin A dan B yang berguna bagi pertumbuhan manusia. Kedelai dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, antara lain untuk makanan manusia, makanan ternak dan untuk bahan industri (Cahyadi, 2007).

Protein yang terdapat dalam kedelai berguna untuk pertumbuhan, perbaikan jaringan yang rusak dan penambah imunitas tubuh. Kandungan asam amino esensial biji kedelai per 100 gram disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan asam amino esensial biji kedelai per 100 gram

Asam Amino	Jumlah(mg/g Nitrogen)
Isoleusin	340
Leusin	480
Lisin	400
Fenilalanin	310
Tirosin	200
Sistin	110
Treonin	250
Triptofan	90 – 330
Metionin	80

Sumber : Cahyadi, 2007

Tepung kedelai merupakan salah satu bahan pengikat yang dapat meningkatkan daya ikat air pada bahan makanan, karena di dalam tepung kedelai terdapat pati dan protein yang dapat mengikat air. Daya ikat air mempengaruhi ketersediaan air yang diperlukan oleh mikroorganisme sebagai salah satu faktor penunjang pertumbuhannya. Tepung kedelai mengandung 15 kali lebih banyak kalsium, 7 kali lebih banyak fosfor, 10 kali lebih banyak zat besi, 11 kali lebih banyak vitamin B1, 9 kali lebih banyak vitamin B2 dibandingkan tepung terigu.

G. TEPUNG TEMPE INSTAN

Tempe adalah produk fermentasi kedelai sebagai hasil aktivitas kapang *Rhizopus sp.*, dan merupakan makanan populer di Indonesia. Tempe dalam bentuk kering dapat disimpan dalam waktu yang cukup lama tanpa mengalami ketengikan karena tempe mengandung kekuatan antioksidan alami. Tempe merupakan salah satu produk yang cukup potensial untuk dikembangkan sebagai produk pangan sumber energi yang bermanfaat, mengingat nilai gizinya yang tinggi (Cahyadi, 2007). Kacang kedelai merupakan sumber pangan nabati yang memiliki kandungan protein yang tinggi (Riyanti dan Fitri, 2011). Komposisi protein, lemak dan karbohidrat tempe tidak banyak berubah dibandingkan dengan kedelai, namun karena adanya enzim pencernaan yang dihasilkan oleh kapang tempe, maka protein, lemak dan karbohidrat pada tempe menjadi lebih mudah dicerna didalam tubuh dibandingkan yang terdapat dalam kedelai. Proses fermentasi yang terjadi pada tempe berfungsi untuk mengubah senyawa makromolekul kompleks yang terdapat pada kedelai menjadi senyawa yang lebih sederhana (Bastian *et al.*, 2012)

Tempe mengandung beberapa komponen yang bermanfaat diantaranya isoflavon dan turunannya. Kandungan isoflavon tidak sampai 0,15 dari total berat tempe kering, tetapi mempunyai pengaruh sangat besar. Senyawa ini berguna sebagai antioksidan, juga dalam campuran antioksidan untuk minyak dan lemak konsumsi. Penambahan senyawa ini bisa mempertinggi stabilitas bahan-bahan yang mudah teroksidasi, termasuk bahan makanan dan minyak/lemak konsumsi.

Senyawa isoflavon dan turunannya ini bisa dibuat dari bahan-bahan yang diambil dari tempe melalui proses modifikasi atau sintesis kimia (Djatin, 1998).

Hampir semua penelitian mengemukakan bahwa kadar serat tempe meningkat selama fermentasi berlangsung. Peningkatan serat ini disebabkan oleh pertumbuhan miselium kapang yang kaya akan serat, disamping karena terjadinya kehilangan sejumlah padatan lainnya. Tempe juga merupakan sumber vitamin dan mineral seperti vitamin A, tiamin, riboflavin, niasin, asam pantotenat, piridoksin, asam folat, vitamin B12, biotin, kalsium, fosfor, besi, magnesium, potassium, seng dan mangan. Selain itu kapang *Rhizopus sp* juga memproduksi enzim fitase yang dapat memecah fitat, sehingga meningkatkan ketersediaan mineral tersebut.

Menurut Murni (2010), tempe mempunyai rasa yang enak dan termasuk sumber protein yang bermutu tinggi. Tempe dan kedelai merupakan sumber protein yang lengkap yang mengandung 8 asam-asam amino esensial. Manfaat tempe bagi tubuh sangat besar sehingga tempe digunakan sebagai bahan makanan alternatif yang berfungsi ganda yaitu sebagai sumber gizi bagi tubuh dan sebagai bahan makanan kesehatan.

Tempe mempunyai daya simpan yang singkat dan akan segera membusuk selama penyimpanan. Hal ini disebabkan oleh proses fermentasi lanjut, menyebabkan degradasi protein lebih lanjut sehingga terbentuk amoniak. Amoniak yang terbentuk menyebabkan munculnya aroma busuk. Oleh karena itu, pengolahan lebih lanjut dari tempe untuk menghasilkan produk turunan tempe perlu dilakukan untuk memperpanjang masa simpannya. Salah satu alternatif produk turunan tempe yaitu dibuat tepung tempe yang kemudian dikembangkan

menjadi produk tepung tempe. Bau langu pada tempe dapat dikurangi dengan proses *blanching* atau pengukusan selama 15 menit (Bastian *et al.*, 2012). Menurut Dwiyanti *et al.* (2009) tempe merupakan pangan yang mudah rusak oleh aktivitas enzim proteolitik. Enzim proteolitik mendegradasi protein menjadi amoniak sehingga tempe tidak layak untuk dikonsumsi. Masa simpan tempe hanya 2-3 hari pada suhu ruang.

Tempe dapat diawetkan dalam bentuk tepung tempe sehingga tempe menjadi lebih fleksibel dalam penggunaannya dan lebih lama masa simpannya. Menurut Atmojo (2007), tepung tempe dapat diperoleh dari tempe segar melalui proses pengirisan, pengukusan, pengeringan, penggilingan dan pengayakan. Komposisi zat gizi tepung tempe kedelai dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi zat gizi tepung tempe kedelai

Komponen	Jumlah
Protein (%)	46,1
Lemak (%)	22,7
Karbohidrat (%)	10,1
Kadar Air (%)	4,1
Serat Makanan (%)	1,4
Vitamin E (mg/100 g)	39,4
P (mg/100 g)	340,8
Ca (mg/100 g)	149,0
Mg (mg/100 g)	35,0
Na (mg/100 g)	7,5
Besi (Fe) (mg/100 g)	10,4
Cu (mg/100 g)	1,9
Zu (mg/100 g)	1,3

Sumber: Atmojo (2007)

Menurut Murni (2010), tepung tempe mempunyai ketahanan simpan yang cukup baik. Hal ini dapat dilihat pada hasil penilaian organoleptik terhadap tepung tempe setelah disimpan 6 bulan, tepung tempe masih tetap baik dan tidak ditumbuhi kapang serta mempunyai rasa, aroma dan warna yang masih normal.

Bahan makanan campuran tempe yang telah berhasil dikembangkan saat ini adalah formula yang dikhususkan untuk memenuhi kebutuhan gizi anak usia sekolah. Salah satu usaha untuk meningkatkan nilai dan mengoptimalkan pemanfaatan bahan makanan campuran tempe adalah dengan pengembangan produk bernilai tambah berupa *cookies* (Ismawati, 2007).

H. KEMASAN

Bahan pangan mempunyai sifat yang berbeda-beda dalam kepekaannya terhadap penyerapan atau pengeluaran gas (udara dan uap air). Dengan demikian, bahan pangan kering maupun semi basah harus dilindungi dari penyerapan air dan oksigen dengan cara menggunakan bahan pengemas yang mempunyai daya tembus rendah terhadap gas tersebut (Purnomo dan Adiono, 1987). Kemasan dipergunakan untuk mencegah atau menunda proses kerusakan untuk produk pangan semi basah agar dapat membantu mencegah atau mengurangi kerusakan (Nurminah, 2002).

Pengemasan merupakan suatu usaha yang bertujuan untuk melindungi bahan pangan dari penyebab-penyebab kerusakan, baik kerusakan fisik, kimia, biologis, maupun mekanis, sehingga kemasan dapat sampai ke tangan konsumen dalam keadaan baik dan menarik (Tjahjadi, 2011). Kemasan makanan merupakan

pelindung agar makanan aman dikonsumsi, selain itu kemasan makanan mempunyai fungsi kesehatan, pengawetan, kemudahan, penyeragaman, promosi dan informasi (Sulchan dan Endang, 2007). Kemasan pangan memiliki arti bahan yang digunakan untuk mewadahi dan atau membungkus pangan, baik yang bersentuhan langsung dengan pangan maupun tidak. Pengemasan bahan pangan bertujuan memudahkan konsumen dalam mengenali maupun membawanya.

Salah satu fungsi pengemasan adalah memperlambat proses deteriorasi, yaitu dengan mempertahankan stabilitas, kesegaran dan penerimaan konsumen dari suatu produk pangan atau untuk memperpanjang umur simpan. Stabilitas dihubungkan dengan mudah tidaknya produk mengalami perubahan kimia, kesegaran dihubungkan dengan rasa, bau dan aroma produk, sedangkan penerimaan mencakup keseluruhan aspek dari mutu produk termasuk bentuk, tekstur dan harga. Reaksi deteriorasi dimulai dengan persentuhan produk dengan udara, oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme atau akibat perubahan suhu. Tingkat deteriorasi produk dipengaruhi oleh lamanya penyimpanan, sedangkan laju deteriorasi dipengaruhi oleh kondisi lingkungan penyimpanan. Reaksi deteriorasi disebabkan oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik yang akan memicu reaksi ini di dalam produk berupa reaksi kimia, reaksi enzimatik atau proses fisik yaitu penyerapan uap air atau gas dari sekelilingnya (Susiwi, 2009)

Plastik adalah senyawa makromolekul organik yang diperoleh dengan cara polimerisasi baik polikondensasi maupun poliadisi. Plastik mempunyai beberapa keunggulan antara lain tidak berkarat, mudah dibentuk, kuat, ringan, dapat

diberilabel atau dicetak sesuai dengan kreasi dan dapat dibuat transparan (Saidah, 2010).

Beberapa jenis pengemas plastik yaitu seperti LDPE (*Low Density Poly Ethylene*), HDPE (*High Density Poly Ethylene*), PP (*Poly Propylene*). LDPE memiliki sifat kuat, agak tembus cahaya, fleksibel, permukaan berlemak, dan resisten pada suhu kurang dari 60°C. Namun, berdasarkan penelitian Nurminah (2002) LDPE paling mudah terbakar dari semua jenis plastik sesuai karena konduktivitas termalnya tinggi. HDPE dan LDPE merupakan plastik yang terdiri dari polimer yang sama dengan densitas yang berbeda. Kekuatan tarik pada plastik HDPE lebih besar dibandingkan pada plastik LDPE. Hal tersebut disebabkan karena pada HDPE rantai-rantai molekul tersusun lebih teratur dibandingkan dengan LDPE, sehingga dibutuhkan kekuatan tarik yang lebih besar untuk memutuskan plastik HDPE. Hal ini berkaitan juga dengan nilai densitas kedua jenis plastik ini, HDPE memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan LDPE.

Beberapa jenis kemasan yang biasa digunakan untuk produk olahan makanan yaitu seperti berikut:

- Polipropilen

Polipropilen termasuk jenis olefin dan merupakan polimer dari propilen dengan sifat utama ringan dan mudah dibentuk, kekuatan tarik lebih mudah daripada polietilen, tidak mudah sobek sehingga mudah untuk penanganan dan distribusi, tahan terhadap asam kuat, basa dan minyak serta suhu tinggi akan bereaksi dengan benzene, tolen dan asam sitrat (Syarief *et al.*, 1989).

Menurut Robertson (1993) PP (*polipropilene*) memiliki sifat lebih kaku, kuat dan ringan daripada *polietilen* dengan daya tembus uap air yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap. Plastik tipis yang tidak mengkilap mempunyai daya tahan yang cukup rendah terhadap suhu tetapi bukan penahan gas yang baik. Polipropilen termasuk jenis plastik olefin dan merupakan polimer dari propilen. Sifat-sifat utama dari polipropilen yaitu :

1. Ringan (densitas 0,9 g/cm³), mudah dibentuk, tembus pandang dan jernih dalam bentuk film.
2. Mempunyai kekuatan tarik lebih besar dari PE. Pada suhu rendah akan rapuh dan tidak dapat digunakan untuk kemasan beku.
3. Lebih kaku dari PE dan tidak gampang sobek.
4. Permeabilitas uap air rendah, permeabilitas gas sedang.
5. Tahan terhadap suhu tinggi sampai dengan 150oC.
6. Titik leburnya tinggi
7. Tahan terhadap asam kuat, basa dan minyak.
8. Pada suhu tinggi PP akan bereaksi dengan benzen, siklen, toluen, terpentin dan asam nitrat kuat.
9. Polipropilen lebih kaku, kuat dan ringan daripada polietilen, serta stabil terhadap suhu tinggi. Plastik polipropilen yang tidak mengkilap mempunyai daya tahan yang cukup rendah terhadap suhu tetapi bukan penahan gas yang baik (Buckle *et al.*, 1987).

- Alumunium Foil

Foil adalah bahan kemas dari logam, berupa lembaran aluminium yang padat dan tipis dengan ketebalan kurang dari 0.15 mm. Aluminium foil didefinisikan sebagai aluminium murni (derajat kemurniannya tidak kurang dari 99.4%) walaupun demikian dapat diperoleh dalam bentuk campuran yang berbeda-beda (Syarief *et al.*,1989).

Foil mempunyai sifat hermetis, fleksibel, tidak tembus cahaya. Pada umumnya digunakan sebagai bahan pelapis (laminan) yang dapat ditempatkan pada bagian dalam (lapisan dalam) atau lapisan tengah sebagai penguat yang dapat melindungi bungkusan.

Aluminium foil mempunyai sifat kedap air yang baik, permukaannya dapat memantulkan cahaya sehingga penampilannya menarik, permukaannya licin, dapat dibentuk sesuai dengan keinginan dan mudah dilipat, tidak dipengaruhi oleh sinar, tahan terhadap temperatur tinggi sampai di atas 290°C, tidak berasa, tidak beracun dan *hiegienis* (Sartika, 2008). Aluminium foil merupakan jenis kemasan yang juga sering dipakai. Foil merupakan bahan kemas dari logam, berupa lembaran dan tipis dengan ketebalan kurang dari 0.15 mm. Foil mempunyai sifat hermetis, fleksibel, dan tidak tembus cahaya. Pada umumnya digunakan sebagai bahan pelapis (laminan) yang dapat ditempatkan pada bagian dalam (lapisan dalam) atau bagian tengah sebagai penguat yang dapat melindungi bungkusan. Ketebalan dari aluminium foil menentukan sifat protektifnya. Aluminium foil dengan ketebalan rendah masih dapat dilalui gas dan uap air. Aluminium foil dengan ketebalan 0.0375 mm atau lebih mempunyai

permeabilitas uap air nol. Sifat-sifatnya yang lebih tipis dapat diperbaiki dengan memberi lapisan plastik atau kertas sehingga menjadi foil-plastik, foilkertas, atau kertas-foil-plastik (Syarief *et al.*, 1989).

- Low Density Polyethylene (LDPE)

Dihasilkan dengan mengekspos etilen pada suhu antara 150° dan 200°C pada tekanan 1200 atm dengan melibatkan sedikit oksigen (Sacharow dan Griffin, 1980). Paling banyak digunakan untuk kantung, mudah dikelim dan sangat murah.

I. MASA SIMPAN

Umur simpan dapat diartikan sebagai rentang waktu antara produk mulai diproduksi sampai dengan produk tersebut dikonsumsi dan mutu produk masih memenuhi syarat untuk dikonsumsi. Umur simpan suatu produk pangan merupakan waktu yang diperlukan oleh produk pangan dalam kondisi penyimpanan untuk sampai pada tingkatan degradasi mutu tertentu. Produk pangan akan disebut rusak apabila telah melampaui masa simpan optimumnya dan umumnya produk pangan tersebut menurun mutu gizinya meskipun penampakannya masih bagus.

Umur simpan produk pangan biasa dituliskan sebagai *best before date* yang berarti produk masih dalam kondisi baik dan masih dapat dikonsumsi setelah tanggal yang tercantum terlewati. Istilah lain yang digunakan adalah *use by date* yang menyatakan produk tidak dapat lagi dikonsumsi, karena berbahaya bagi

kesehatan manusia (produk yang sangat mudah rusak oleh mikroba) setelah tanggal yang tercantum terlewati.

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 hubungannya dengan produk yang dikemas
3. Kondisi atmosfer terutama suhu dan kelembaban.
4. Kekuatan keseluruhan dari kemasan terhadap keluar masuknya air, gas, dan bau, termasuk perekatan, penutupan, dan bagian-bagian yang terlipat.

Peraturan mengenai penentuan umur simpan bahan pangan telah dikeluarkan oleh *Codex Alimentarius Commission* pada tahun 1985 tentang *Food Labelling Regulation*. Di Indonesia, peraturan mengenai penentuan umur simpan bahan pangan terdapat dalam UU Pangan No. 7 tahun 1996 dan PP No.69 tahun 1999 (Herawati, 2008).

Penetapan umur simpan dan parameter sensori sangat penting pada tahap penelitian dan pengembangan produk pangan baru. Pada skala industri besar atau komersial, umur simpan ditentukan berdasarkan hasil analisis di laboratorium yang didukung hasil evaluasi distribusi di lapangan. Hasil percobaan penentuan umur simpan hendaknya dapat memberikan informasi tentang umur simpan pada kondisi ideal, umur simpan pada kondisi tidak ideal, umur simpan pada kondisi distribusi, penyimpanan normal dan penggunaan oleh konsumen.

III. METODE PENELITIAN

A. TEMPAT DAN WAKTU

Penelitian dilaksanakan selama 3 tahun (2012 sampai 2014) di Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto dan sekitarnya.

B. BAHAN DAN ALAT

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas bahan untuk formulasi produk dan bahan analisis. Bahan untuk formulasi produk meliputi tepung tempe, tepung jagung, susu bubuk, gula halus, margarin, air dan humektan berupa sorbitol dan gliserol.

Bahan-bahan untuk analisis meliputi bahan-bahan kimia untuk analisis produk seperti sejumlah garam untuk mengukur kadar air kesetimbangan, , *petroleum benzene*, alkohol 90% *Potato Dextrose Agar* (PDA), dan *Malt Extract Agar* (MEA). Selain itu

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan produk yaitu sendok pengaduk, baskom, ayakan 80 mesh, timbangan digital, penangas air, thermometer, loyang, oven. Alat-alat yang digunakan untuk analisis meliputi neraca analitik, cawan porselen, cawan petri, aluminium foil, desikator, oven, tanur, labu Kjeldahl, ekstraktor Soxhlet, labu lemak, buret, pipet, erlenmeyer 250 ml, kertas saring (Whatman) dan peralatan gelas lain yang mendukung penelitian.

C. PELAKSANAAN PENELITIAN

Tahap-tahap penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Persiapan bahan

- Persiapan bahan meliputi pembuatan tepung jagung instan, tepung kedelai instan dan tepung tempe instan. Tahap awal pembuatan tepung jagung instan adalah penyosohan jagung. Selanjutnya jagung yang sudah disosoh direndam selama 24 jam. Tahap selanjutnya adalah pengukusan butiran-butiran jagung sampai matang. Bahan yang telah matang tersebut kemudian dikeringkan, dihaluskan dan diayak. Varietas jagung yang digunakan adalah BISI, Pioneer, kuning local, dan putih varietas Srikandi
- Pembuatan tepung tempe instant. Pembuatan tepung tempe dilakukan dengan dengan cara memotong tempe menjadi berukuran 1 x 1 x 1 cm, kemudian *disteam blanching* selama 20 menit. Selanjutnya tempe dikeringkan menggunakan sinar matahari selama 2 hari (8 jam pengeringan) sampai kering patah. Tempe yang telah kering kemudian digiling dan diayak 80 mesh.
- Pembuatan tepung kedelai instant. Pembuatan tepung kedelai diawali dengan merendam kedelai selama 6 jam. Selanjutnya kedelai disosoh sehingga terlepas dari kulitnya dan dicuci bersih. Kedelai yang telah bersih *disteam blanching* selama 15 menit, kemudian ditiriskan dan

dikeringkan sampai kering patah. Selanjutnya kedelai digiling dan diayak 80 mesh

- Tepung jagung, tepung kedelai dan tepung tempe instan yang dihasilkan dianalisa kadar air, protein total, lemak, abu, dan karbohidrat (*by difference*)

2. Penentuan isotherm sorpsi bahan baku dan formula

- Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan berbagai tingkat kadar air produk formula pangan semi basah untuk mendapatkan kurva isotherm sorpsi produk. Data yang diperoleh akan digunakan untuk mendapatkan berbagai daerah ikatan air yang berkaitan dengan keawetan produk.
- Masing-masing bahan sebanyak 5-10 g ditempatkan pada beberapa garam yang berbeda (Labuza 1984). Garam-garam berikut diatur sebagai larutan garam jenuh untuk memberikan nilai A_w konstan: $KC_2H_3O_2$ (0,200), $MgCl_2$ (0,327), K_2CO_3 (0,431), $Mg(NO_3)_2$ (0,528), $CoCl_2$ (0,649), $SrCl_2$ (0,708), $NaCl$ (0,752), KBr (0,809), KCl (0,843) dan K_2SO_4 (Labuza, 1984). Masing-masing sample kemudian disimpan dalam desikator yang sudah diatur RH-nya menggunakan larutan-larutan garam tersebut. Setiap hari sample-sampel tersebut ditimbang sampai tercapai *steady state*, yaitu untuk bahan yang ditaruh pada RH rendah perubahan beratnya 3 kali penimbangan berturut-turut 2 mg/g,

sedangkan untuk yang RH-nya tinggi perubahannya 10 mg./g. Setelah konstan, sampel-sampel tersebut kemudian diukur kadar airnya menggunakan metode oven.

- Kurva isotherm sorpsi dibuat dengan memplotkan kadar air kesetimbangan dengan nilai a_w atau ERH (RH kesetimbangan) dengan menggunakan model persamaan GAB

$$m = \frac{C.k.mo.aw}{(1-kaw)(1-kaw+Ckaw)}$$

Dengan m adalah kadar air, C adalah konstanta Gunggenheim atau menunjukkan energi adsorpsi air dan k sebagai persamaan GAB serta mo adalah kadar air monolayer.

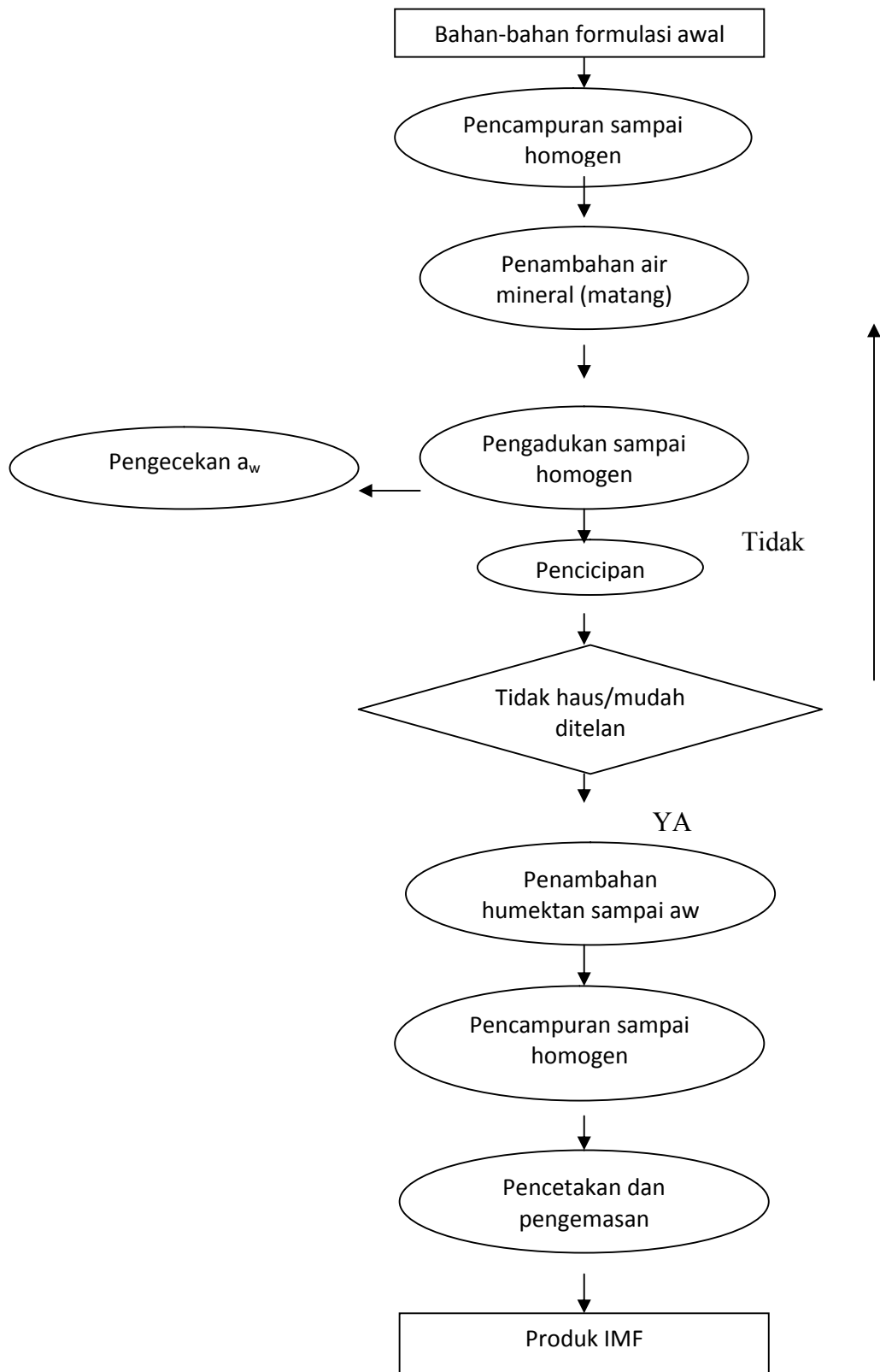
- Uji ketepatan model dilakukan untuk mengetahui ketepatan model persamaan isotherm sorpsi GAB untuk menggambarkan keseluruhan kurva isotherm sorpsi hasil percobaan. Uji ketepatan model dilakukan dengan menggunakan perhitungan Mean Relative Determination (MRD) dengan rumus:

$$MRD = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n |(Mi - Mpi) / Mi|$$

Mi adalah kadar air percobaan, Mpi adalah kadar air hasil perhitungan dengan persamaan GAB dan n adalah jumlah data.

3. Penghitungan formula awal produk

- Penghitungan formula awal produk didasarkan pada persyaratan nutrisi pangan darurat yaitu mengandung kalori minimal 233 kkal/ potong dengan kandungan protein sebesar 7,9-8,1 g, lemak 9,1-11,7 g dan karbohidrat 23-35 g. Nilai ini berdasarkan asumsi bahwa satu potong sama dengan 50 g bobot kering.
- Bahan-bahan yang digunakan dalam formulasi adalah tepung jagung dari 4 varietas, tepung tempe/tepung kedelai, susu bubuk *full cream* sebagai sumber protein dan lemak serta menambah cita rasa. Penambahan gula dilakukan untuk memperoleh rasa manis .
- Formulasi dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Excell* dengan prinsip kesetimbangan massa. Data-data awal komposisi bahan diperoleh dari analisis proksimat. Untuk mengetahui ketepatan formulasi juga dilakukan verifikasi formulasi dengan analisis proksimat. Pada penelitian ini didapatkan 8 formula produk yaitu dari 4 varietas jagung
- Cara pembuatan IMF dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Proses produksi IMF dengan metode *moist infusion*

4. Pembuatan produk IMF dan analisa

Formulasi produk IMF dilakukan dengan pengaturan kadar air formula awal dan penggunaan humektan. Metode produksi yang digunakan adalah *moist infution*, yaitu bahan-bahan seperti formulasi awal ditambah air sampai tidak menyebabkan rasa haus dan mudah ditelan. Bahan yang telah dicampur air kemudian ditambah humektan untuk menurunkan a_w menjadi 0,6–0,8. Humektan yang ditambahkan adalah sorbitol (5%) dan gliserol (1,5%). Konsentrasi 5% pada sorbitol dan 1,5% pada gliserol dipilih karena pada konsentrasi tersebut belum menghasilkan *after taste* pahit pada produk.

Analisis yang dilakukan berupa analisis kimia dan fisik meliputi kadar protein total, air, abu, lemak, karbohidrat dan a_w . Analisis organoleptik meliputi kesukaan, kemudahan ditelan, rasa dan *after taste* pahit. Analisis mikrobiologi berupa total mikroba dan total kapang-khamir.

5. Pengemasan dan penyimpanan

Tahap selanjutnya adalah pengemasan. Jenis kemasan yang digunakan adalah polipropilen, alumunium foil, low density polyethylene (LDPE) dan grease proof. Analisa terhadap produk yang disimpan dilakukan pada minggu ke 0, 1, 2, 3, 4

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. KARAKTERISASI BAHAN BAKU UNTUK FORMULA PRODUK

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan produk pangan darurat ini adalah tepung jagung, tepung kedelai dan tepung tempe, yang merupakan tepung instan. Perbedaan dasar proses pembuatan tepung jagung, tepung kedelai dan tepung tempe instan adalah adanya tahap pematangan melalui pengukusan sebelum dikeringkan sehingga bahan sudah dalam keadaan matang saat menjadi tepung. Tepung jagung, tepung kedelai dan tepung tempe instan dapat langsung dikonsumsi tanpa perlu pemasakan lebih lanjut.

Tepung tempe instan yang dihasilkan berwarna cokelat cerah dengan aroma khas tempe segar yang disukai sedangkan warna dari tepung jagung instan tergantung dari varietasnya. Pada varietas jagung kuning dihasilkan tepung jagung instan kuning keputihan sedangkan varietas jagung putih menghasilkan tepung jagung instan putih. Bahan baku tepung instan yang dihasilkan dari tempe dan keempat varietas jagung yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 7 Bahan baku tepung instan yang dihasilkan dari tempe, jagung Pioneer, jagung Bisi, jagung Canggal dan jagung Srikandi

Selain sebagai faktor yang ikut menentukan mutu, warna juga dapat digunakan sebagai indikator kesegaran dan kematangan. Baik tidaknya cara pencampuran atau cara pengolahan dapat ditandai dengan adanya warna yang seragam dan merata (Winarno, 2004). Modifikasi penepungan dengan teknik instanisasi dapat meningkatkan kecerahan warna tepung instan yang dihasilkan. Teknologi tepung merupakan salah satu proses alternatif produk setengah jadi yang disarankan, karena lebih tahan disimpan, mudah dicampur (dibuat komposit atau bahan makanan campuran), luwes dan mudah dibuat aneka ragam (diversifikasi) produk, mudah ditambahkan zat gizi (fortifikasi) dan lebih cepat

dimasak sesuai keinginan konsumen dalam kehidupan modern dan praktis (Widowati *et al.*, 2002) .

Selain tepung jagung, tepung kedelai instan dan tepung tempe instan, produk pangan darurat ini menggunakan minyak goreng dan margarine sebagai sumber lemak serta untuk meningkatkan cita rasa dan gula sebagai pemanis. Susu bubuk *full cream* digunakan dengan mempertimbangan efek sensorial yang dihasilkannya yaitu lebih berasa creamy dan manis. Susu merupakan satu-satunya bahan hewani yang diizinkan untuk digunakan sebagai ingredient dalam produksi pangan darurat, namun penggunaannya tidak boleh berlebihan dan tidak boleh dijadikan sebagai sumber karbohidrat meskipun susu mengandung gula (laktosa). Hal ini disebabkan tidak semua orang dapat mengonsumsi susu sapi karena adanya efek *lactose intolerance* pada orang tertentu.

Tepung jagung berwarna putih dan kuning, sesuai jenis jagung masing-masing. Tepung jagung kuning memiliki keunggulan karena kadar provitamin A cukup tinggi. Tepung jagung instan mempunyai kadar air 12,2 sampai 13,59 persen, sedangkan tepung tempe instan dan tepung kedelai instan mempunyai kadar air 11,62 dan 11,77 persen. Komposisi kimia bahan baku yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Komposisi gizi bahan bahan yang digunakan dalam formula pangan darurat tepung jagung-tempe dan tepung jagung-kedelai

Bahan	Air (%)	Mineral (% bk)	Protein (% bk)	Lemak (% bk)	Karbohidrat (% bk)
Tepung jagung Bisi	12,75	0,32	9,59	0,374	76,966
Tepung jagung Srikandi	13,59	0,34	7,63	0,315	78,125
Tepung jagung Pioneer	12,53	0,2	7,35	1,61	78,31
Tepung jagung Lokal	12,2	0,12	9,86	0,015	77,805
Tepung tempe	-	-	50,36	40,517	1,943
Tepung kedelai	-	-	36,66	6,74	44,96
Susu bubuk	-	-	25,93	25,93	40,7
Gula	-	-	-	-	99,3
Minyak goreng	-	-	-	100	-
Margarin	-	-	-	100	-

B. FORMULASI PANGAN DARURAT

Prinsip pengolahan pangan semi basah dapat dilakukan melalui pengaturan terhadap komposisi zat gizi sehingga didapatkan total energi yang diinginkan (Karel, 1976). Formula komposisi bahan penyusun pangan darurat ini didasarkan pada nilai energi dari daftar informasi gizi pada label kemasan bahan dan analisis proksimat bahan baku. Tahap penentuan formula dilakukan dengan menghitung kandungan total nilai kalori masing-masing formula hingga dicapai total nilai kalori yang telah ditentukan.

Perhitungan formulasi menggunakan prinsip kesetimbangan massa dengan bantuan *Microsoft excel*. Prototipe produk yang diharapkan memiliki nilai protein 7,9-8,1 gram, lemak 9-11,7 dan karbohidrat 23-35 gram tiap potong dengan asumsi tiap potong sama dengan 50 gram padatan. Prawiranegara (1989) menjelaskan bahwa nilai energi didapatkan dari jumlah makronutrien bahan yang digunakan dalam formulasi dikalikan dengan nilai energy masing-masing makronutrien. Tiap gram karbohidrat dan protein memiliki energi sebesar 4 kkal sedangkan lemak 9 kkal.

Berdasarkan perhitungan awal melalui analisis proksimat, dapat dihitung komposisi formula (%) baik dari bahan baku maupun bahan pendukung. Formula awal pangan darurat dari tepung jagung-tepung kedelai dan tepung jagung-tepung tempe disajikan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Formula awal produk pangan darurat tepung jagung-kedelai

Bahan	Komposisi formula (%)			
	J1	J2	J3	J4
Tepung jagung	36,4	36	36	34,4
Tepung kedelai	22,6	23	23,6	25
Susu bubuk <i>full cream</i>	16	15	16	16
Gula halus	9	10	8	8
Minyak goreng	16	16	16,4	16,6

Keterangan : J1 = Tepung jagung Bisi dan tepung kedelai; J2 = Tepung jagung Lokal dan tepung kedelai; J3 = Tepung jagung Pioneer dan tepung kedelai; J4 =Tepung jagung Srikandi dan tepung kedelai.

Tabel 10. Formulasi produk pangan darurat tepung jagung-tempe

Bahan	Formula %			
	J5	J6	J7	J8
Tepung jagung	42	40	42	42
Tepung tempe	20	18	20	20
Susu bubuk	10	12	10	10
Gula halus	16	18	16	16
Minyak goreng	12	12	12	12

Keterangan : J5 = Tepung jagung Bisi dan tepung tempe; J6 = Tepung jagung Lokal dan tepung tempe; J7= Tepung jagung Pioneer dan tepung tempe; J8 =Tepung jagung Srikandi dan tepung tempe

Pada penelitian ini didapatkan delapan formula dasar pangan darurat berbahan dasar empat varietas tepung jagung instan yang disubstitusi dengan tepung kedelai instan atau tepung tempe instan sebagai sumber proteinnya. Sumber karbohidrat yang diperoleh dari tepung jagung pada formula tepung jagung-tepung kedelai mencapai 34,4-36,4 gram per 100 gram bahan, sedangkan pada formula tepung jagung-tepung tempe mencapai 40-42 gram per 100 gram bahan (Tabel 9 dan 10). Prediksi kecukupan persyaratan nutrisi pangan darurat berdasarkan formulasi awal dapat dilihat pada Tabel 11 dan 12.

Varietas jagung menghasilkan komposisi produk yang hampir sama. Perbedaan komposisi formula yang cukup besar terjadi pada formula dari tepung kedelai dan tepung tempe. Pada formula dengan bahan baku tepung kedelai mempunyai komposisi susu yang lebih banyak dibanding tepung tempe. Hal ini disebabkan kadar protein tepung tempe lebih besar daripada tepung kedelai sehingga membutuhkan sumber protein lain yaitu susu dalam jumlah lebih besar.

Adanya susu dalam jumlah lebih besar mengakibatkan rendahnya jumlah gula yang harus ditambahkan sehingga formula tepung kedelai mempunyai rasa kurang manis dibanding formula tepung tempe.

Tabel 11. Prediksi kecukupan nutrisi pangan darurat dari empat formula tepung jagung-tepung kedelai

Nutrisi	Formula per 50 gram			
	J1	J2	J3	J4
Protein (gram/bar)	7,96	7,93	7,72	7,97
Lemak (gram/bar)	10,90	10,72	11,36	11,27
Karbohidrat (gram/bar)	26,81	27,19	26,63	26,29
Total energi/bar (kkal)	237,24	237,02	239,65	238,47

Keterangan : J1 = Tepung jagung Bisi dan tepung kedelai; J2 = Tepung jagung Lokal dan tepung kedelai; J3 = Tepung jagung Pioneer dan tepung kedelai; J4 = Tepung jagung Srikandi dan tepung kedelai.

Setyaningtyas (2008) menganjurkan bahwa nilai minimum energy pada produk pangan darurat sebesar 233 kkal/bar dengan kandungan protein sebesar 7,9-8,1 gram, lemak 9-11,7 gram dan karbohidrat 23-35 gram. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan data dari empat formula yang tersaji pada Tabel 7, yaitu J1, J2, J3 dan J4 berturut-turut adalah 237,24, 237,02, 239,65 dan 238,47 kkal/bar. Data tersebut menunjukkan bahwa nilai energi telah memenuhi standar yang telah dianjurkan.

Tabel 12. Prediksi kecukupan gizi formulasi produk pangan darurat tepung jagung-tempe

Nutrisi	Formula per 50 gram			
	J5	J6	J7	J8
Protein (g/bar)	8.34	8.06	7.87	7.93
Lemak (g/bar)	11.42	11.20	11.68	11.41
Karbohidrat (g/bar)	26.33	27.11	26.62	26.58
Total energi/bar (kkal)	241.57	241.55	243.16	240.79

Keterangan : J5 = Tepung jagung Bisi dan tepung tempe; J6 = Tepung jagung Lokal dan tepung tempe; J7= Tepung jagung Pioneer dan tepung tempe; J8 =Tepung jagung Srikandi dan tepung tempe

Tabel 12 menunjukkan prediksi kecukupan nutrisi pangan darurat dari tepung jagung-tepung tempe tiap 50 gram padatan. Prediksi kecukupan pada keempat formula J5, J6, J7 dan J8 berturut-turut adalah 241.576, 241.55, 243.16 dan 240.792 kkal/bar. Berdasarkan data di atas terlihat bahwa empat formula pangan darurat sudah melebihi nilai energy minimum pada pangan darurat yang dianjurkan yaitu 233 kkal/bar dengan memiliki kadar protein 7.9-8.1 gram, lemak 9.1-11.7 gram dan karbohidrat 23-35 gram (Setianingtyas, 2008).

C. ISOTHERM SORBSI AIR BAHAN BAKU

Penentuan kurva isotherm sorbsi bahan baku digunakan untuk melihat stabilitasnya dan perkiraan pola isotherm sorpsi dari formula awal, sedangkan isotherm sorbsi formula awal digunakan untuk mengetahui jumlah air yang digunakan dalam produksi IMF.

Bahan dari formula awal yang dianalisis isotherm sorpsinya terbatas pada bahan baku masing-masing produk. Menurut Adawiyah (2006) isotherm sorpsi

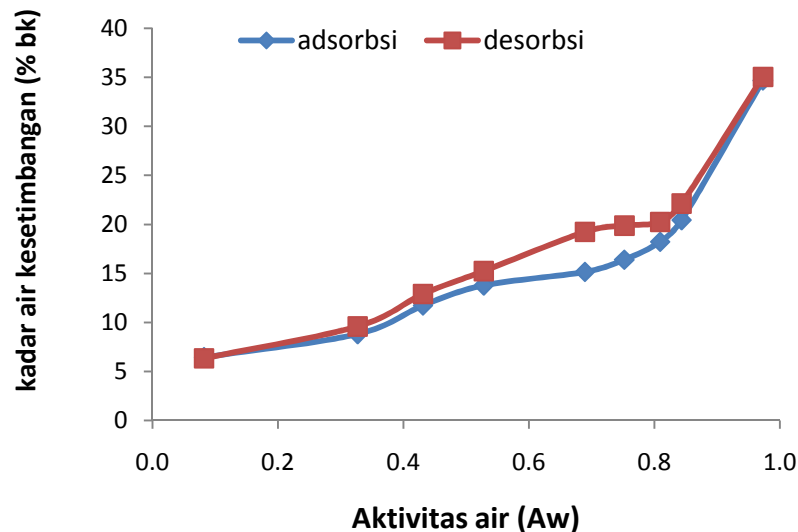
model pangan dan komponen penyusunnya yang menghasilkan pola isotherm sorpsi model pangan berbentuk sigmoid menyerupai pola sorpsi pati dan kasein yang persentasenya lebih tinggi dibandingkan dengan bahan-bahan lainnya, serta pengaruh gula pada pola isotherm sorpsi model pangan ini tidak tampak karena proporsinya yang kecil..

IMF dapat diproduksi dengan cara tradisional dan modern. Proses produksi IMF modern dapat dilakukan dengan dua cara yaitu adsorpsi dan desorpsi. Pengolahan tipe adsorpsi menggunakan bahan kering yang kemudian dikontrol proses pembasahannya sedangkan pada tipe desorpsi, bahan dimasukkan dalam larutan yang mempunyai tekanan osmosis lebih tinggi sampai diperoleh keseimbangan pada aw yang diinginkan. Pada kedua proses tersebut terdapat hubungan antara kandungan air dengan nilai aw yang digambarkan dengan grafik isotherm sorpsi dan persamaan matematis.

Pembuatan kurva isotherm sorpsi diawali dengan penentuan kadar air kesetimbangan pada berbagai RH pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$. Masing-masing bahan mengalami kesetimbangan pada rentang waktu yang berbeda, yaitu sekitar 7 – 28 hari. Data pengukuran kadar air kesetimbangan masing-masing bahan terdapat pada Lampiran 1.

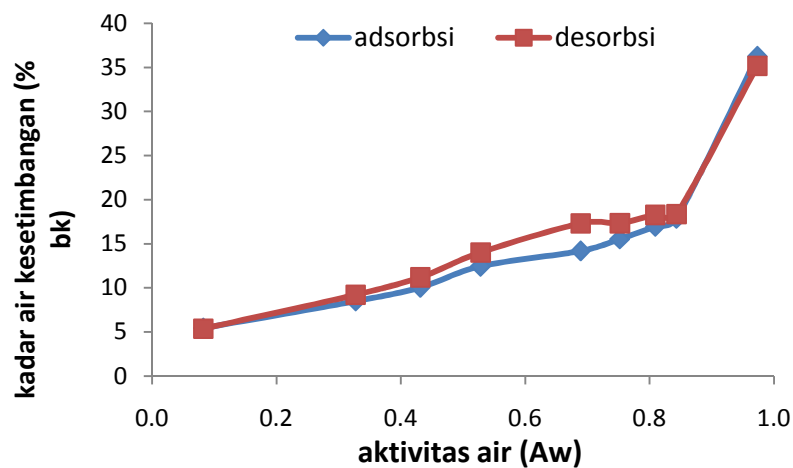
Gambar 8, 9, 10 dan 11 menunjukkan kurva isotherm adsorpsi dan desorpsi tepung jagung instan varietas Bisi, Pioner, Srikandi dan Canggal. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung mendekati tipe II, yaitu bentuk *sigmoid* atau seperti huruf S. Labuza (1984) mengklasifikasikan kurva isotherm sorpsi ke

dalam 3 tipe, yaitu tipe I adalah tipe Langmuir, tipe II adalah bentuk sigmoid atau huruf S dan tipe III (Flory-Huggins) yang berbentuk seperti huruf J.



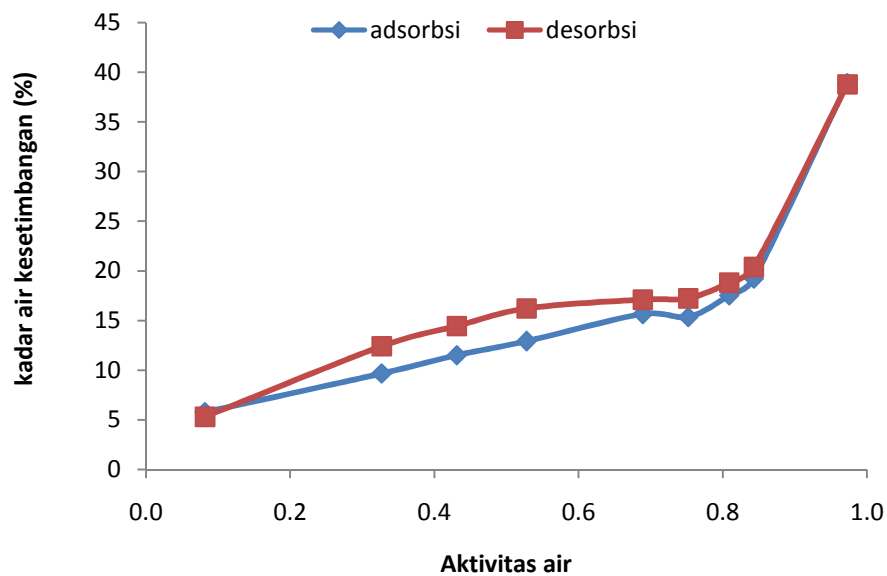
Gambar 8. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Bisi

Kurva isothermis sorpsi II yang berbentuk huruf S disebabkan pengaruh akumulatif dari ikatan hidrogen, Hukum Raoult, kapiler dan interaksi antara permukaan bahan dengan molekul air. Pada kurva tersebut terdapat dua lengkungan, lengkungan pertama pada a_w sekitar 0,2 sampai 0,4 dan yang lain pada a_w 0,7 sampai 0,8. Kedua lengkungan ini merupakan akibat perubahan sifat fisikokimia pengikatan air oleh bahan (Labuza, 1984). Pada kurva ISA tepung jagung, lengkungan pertama terdapat pada a_w 0,3 sampai 0,5 sedangkan lengkungan kedua terjadi pada a_w 0,7 sampai 0,85. Kondisi seperti ini juga terjadi pada biji jagung (Daniel dkk., 2012), semolina dan farina (Ociecek, 2007).



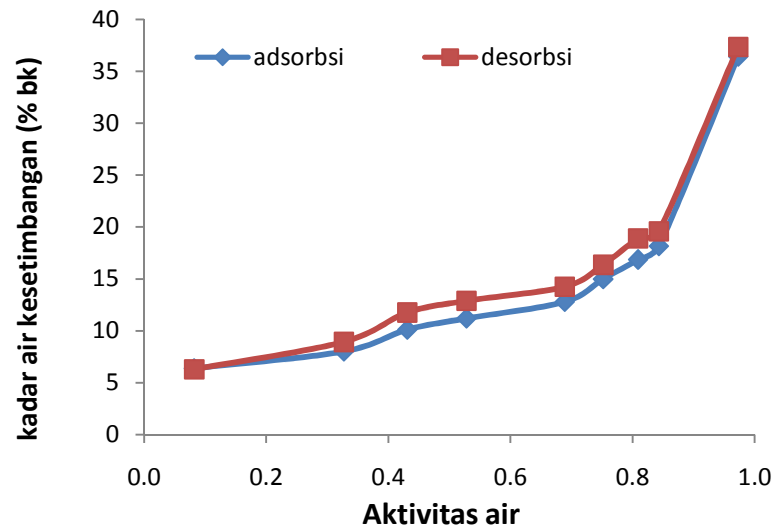
Gambar 9. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Pioneer

Kurva isotherm sorpsi air mempunyai bentuk sigmoidal pada banyak makanan, meskipun untuk makanan yang mempunyai kadar gula tinggi atau molekul terlarut rendah mempunyai kurva isotherm yang berbentuk J. Bahan makanan kering umumnya termasuk isothermis sorpsi tipe II, dan tepung jagung instan termasuk pada kelompok tersebut. Menurut Corzo dan Fuentes (2004), tepung kacang polong yang telah mengalami pemasakan juga mempunyai bentuk yang hampir serupa.

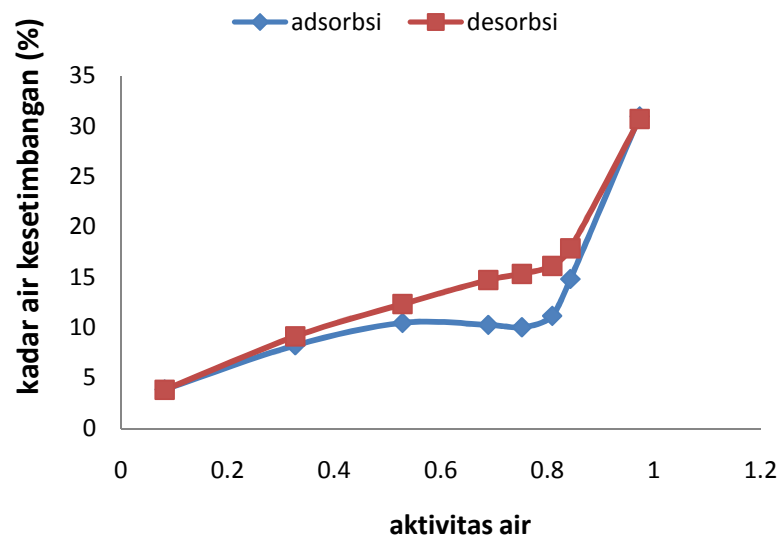


Gambar 10. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Srikandi

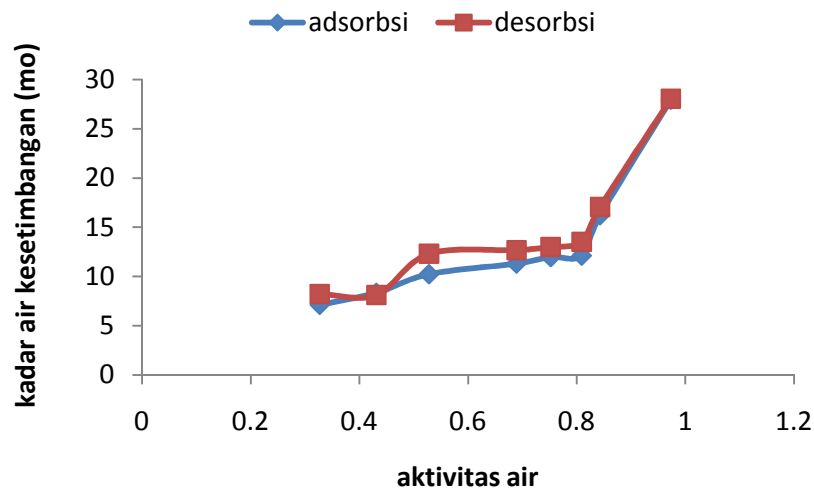
Model sigmoid pada kurva moisture sorpsi isotherm tepung jagung ini sama dengan tepung kentang (Nurtama dan Lin, 2010), tepung wijen (Menkov dan Durakova, 2007) dan tepung kacang tunggak (Ayranci dan Duman, 2005). Bila dibandingkan dengan kurva isotherm sorpsi dari bahan pati-patian seperti pati jagung (Peng dkk., 2007), tapioka (Adebawale dkk., 2007), bentuk kurva isotherm tepung jagung dari empat varietas ini juga mendekati.



Gambar 11. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Canggal



Gambar 12. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung tempe



Gambar 13. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung kedelai

D. ANALISIS MOISTURE SORPSI ISOTHERM BAHAN BAKU DENGAN METODE BET DAN GAB

Menurut Van den Berg (1981), air ikatan primer menunjukkan fraksi air yang terikat sangat kuat dan merupakan air yang bersifat satu lapis molekul air atau monolayer. Air ikatan primer dapat ditentukan dari kurva isothermis sorpsi dengan model matematik BET sampai a_w sekitar 0,5. Model matematik isothermis sorpsi BET diturunkan dari teori kinetika gas dan mempunyai bentuk seperti Persamaan 1. Untuk menganalisa moisture sorpsi isotherm dengan metode BET diplot grafik a_w vs $a_w/(1-a_w)^m$ sehingga didapat bentuk kurva linear seperti Persamaan 3.

Persamaan 1 dapat diubah menjadi $y = a + b a_w$ (Persamaan 3)

Dimana $y = a_w/(1-a_w)^m$

$$a = 1/M_0C \quad = \text{intercept}$$

Data hubungan kadar air (M) dengan nilai a_w dari kurva isotherm sorpsi yang telah diperoleh kemudian diubah dalam persamaan matematis model GAB. Boquet *et al.* (1978) di dalam Kumendong (1986) menyatakan bahwa model GAB dapat mewakili a_w 0,0 sampai 0,94 dan berdasarkan pengujian pada biji-bijian ternyata model tersebut memiliki validitas yang tinggi. Model matematik GAB dalam persamaan yang dapat diubah menjadi bentuk persamaan kuadrat sebagai berikut:

$$Aw/M = \alpha a_w^2 + \beta a_w + \varepsilon$$

$$\text{Dimana } \alpha = k/Mo [(1/C) - 1]$$

$$\beta = 1/Mo (1-2/C)$$

$$\varepsilon = 1/Mo C k$$

Untuk menganalisa moisture sorpsi isotherm dengan metode GAB diplot grafik a_w vs aw/m .

Boquet *et al.* (1978) di dalam Kumendong (1986) menyatakan bahwa model GAB dapat mewakili a_w 0,0 sampai 0,94 dan berdasarkan pengujian pada biji-bijian ternyata model tersebut memiliki validitas yang tinggi. Model matematik GAB dalam Persamaan 2 yang dapat diubah menjadi bentuk persamaan kuadrat sebagai berikut:

$$Aw/M = \square a_w^2 + \square a_w + \square \quad (\text{Persamaan 4})$$

$$\text{Dimana } \square = k/Mo [(1/C) - 1]$$

$$\square = 1/Mo (1-2/C)$$

$$\square = 1/Mo C k$$

Data hubungan kadar air (M) dengan nilai aw dari kurva isotherm sorpsi yang telah diperoleh kemudian diubah dalam persamaan matematis model GAB dan BET. Berdasarkan data tersebut, dihitung nilai m_0 , C dan k seperti yang terlihat pada Tabel 13.

Menurut Liovonen dan Ross (2002), substitusi α , β , dan ϵ dengan nilai persamaan kuadrat yang diperoleh menghasilkan nilai konstanta C dan k serta nilai kadar air monolayer (m_0), nilai k merupakan konstanta faktor koreksi dari molekul multilayer sedangkan C menunjukkan konstanta Guggenheim. Adapun menurut Adawiyah (2006), nilai C berhubungan dengan energi adsorpsi dan merupakan nilai kadar air monolayer. Daerah monolayer ini berada pada kisaran RH 0-20% (Syarief *et. al.*, 1989).

Tabel 13. Kadar air monolayer (m_0), konstanta (C, k) sesuai model GAB dan BET pada tepung jagung instan varietas Pioneer, Bisi, Canggal dan Srikandi

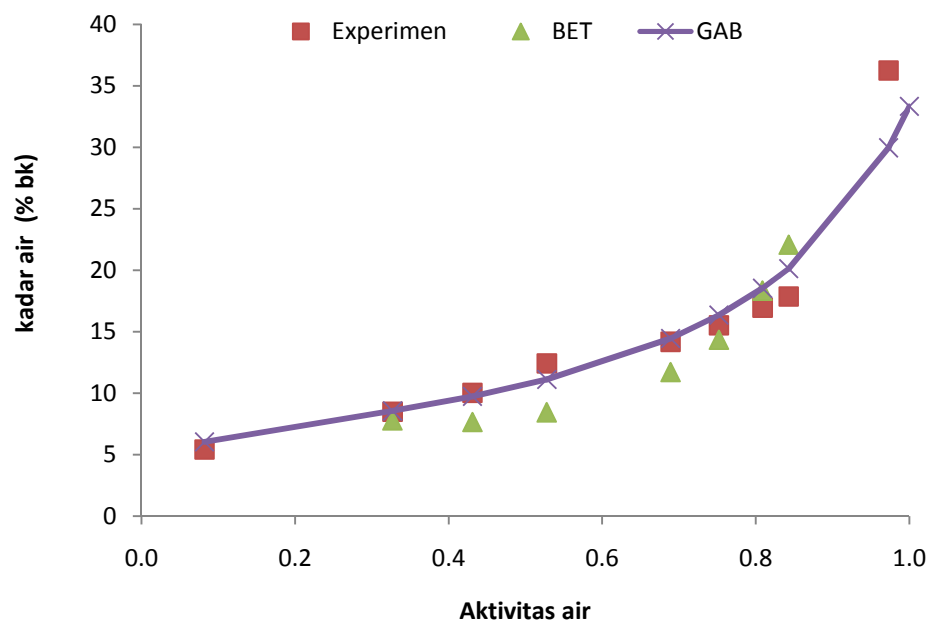
Parameter	GAB				BET			
	Pioneer	Bisi	Canggal	Srikandi	Pioneer	Bisi	Canggal	Srikandi
m_0	6.484	7.323	5.725	7.014	3.356	3.690	3.300	3.521
C	95.67	174.93	-104.76	180.50	-5.73	-5.65	-5.83	-5.36
K	0.806	0.781	0.834	0.790				

Keterangan: m_0 = kadar air monolayer, C dan k = konstanta

Nilai m_0 menggambarkan kadar air pada lapisan monolayer pada bahan. Kandungan air pada lapisan monolayer ini sangat penting dalam menentukan stabilitas fisik dan kimia bahan yang dikeringkan. Menggunakan model BET didapatkan kadar air monolayer 3,300 (Canggal) sampai 3,690 (Bisi); sedangkan

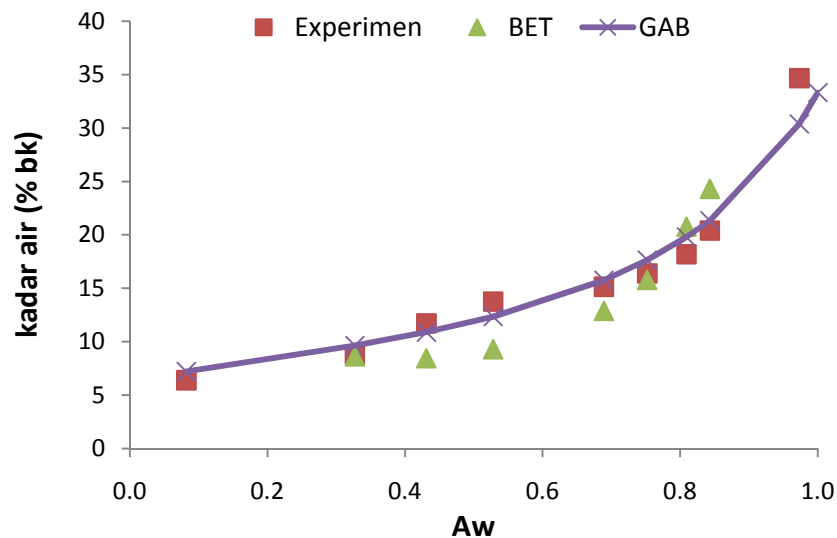
menggunakan model GAB didapatkan kadar air monolayer 5,725 (Canggal) sampai 7,323 (Bisi). Kadar air pada lapisan monolayer ini merupakan air terikat primer, yang tidak dapat berfungsi sebagai pelarut atau pemlastis. Air terikat primer ini merupakan bagian dari padatan karena air ini diabsorpsi pada sisi aktif bagian polar padatan (Al Muhtaseb *dkk.*, 2002). Menurut Furmanik *dkk.*, (2009), model BET lebih tepat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer yang diadsorpsi pada permukaan, sehingga kalau berdasarkan referensi ini maka kadar air pada lapisan monolayer tepung jagung instan sekitar 3,300 sampai 3,690.

Berdasarkan persamaan 1 dan 2 dibuat kurva ISA tepung jagung Pioneer, Bisi, Srikandi dan Canggal dari hasil percobaan dan prediksi model BET dan GAB sehingga didapat Gambar 14 sampai 17.



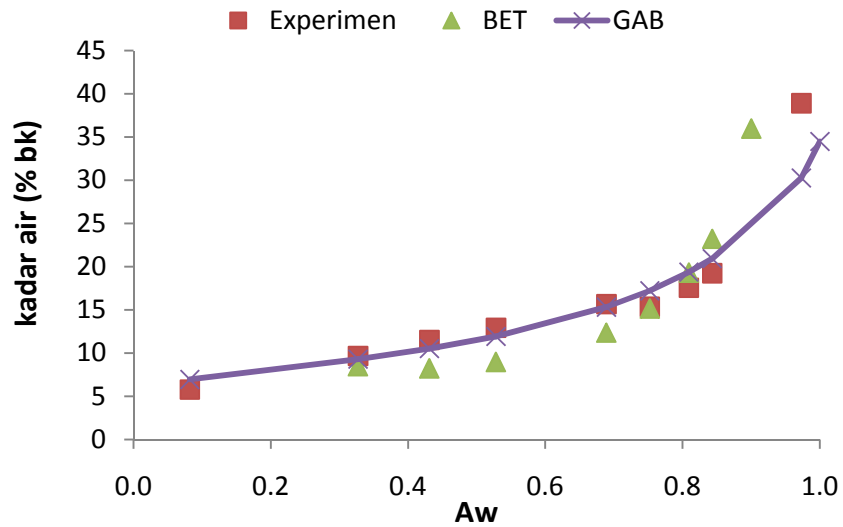
Gambar 14. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Pioneer berdasarkan percobaan, prediksi GAB dan BET

Berdasarkan Gambar 14 sampai 17, dapat dilihat bahwa kurva ISA tepung jagung instan berdasar percobaan mendekati prediksi GAB hampir pada semua aktivitas air. Hal ini seperti hasil penelitian Peng dkk. (2007) pada pati jagung, yaitu kurva isotherm pati jagung lebih dapat didekati menggunakan model GAB.



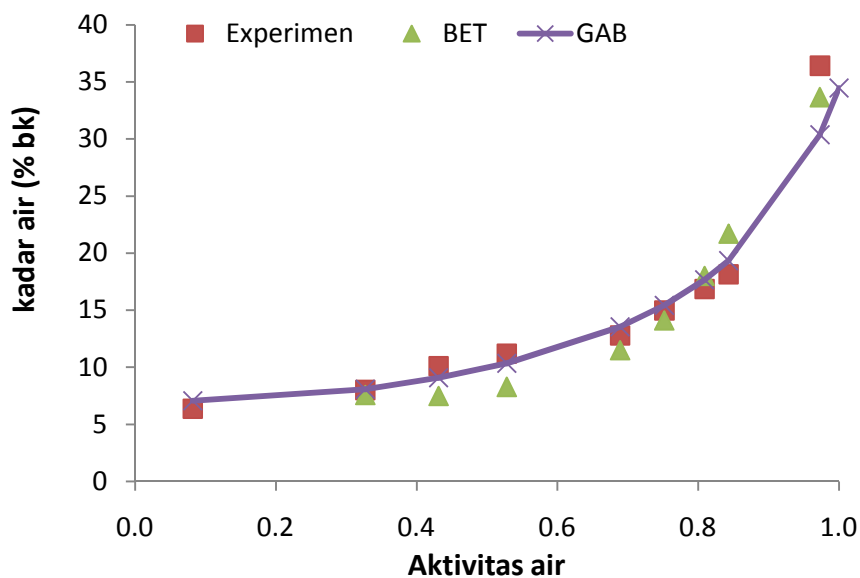
Gambar 15. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Bisi berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

Moreira dkk. (2010) menyatakan bahwa model GAB dapat mewakili aw 0,0 sampai 0,94 dan berdasarkan pengujian pada biji-bijian ternyata model tersebut memiliki validitas yang tinggi. Model GAB mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan model BET yaitu memiliki latar belakang yang bersifat teoritis, dapat mendeskripsikan sifat sorpsi isothermis pada hampir semua bahan pangan pada kisaran aw $0,1 < a_w < 0,9$, mempunyai bentuk persamaan matematika yang sederhana dengan tiga parameter.



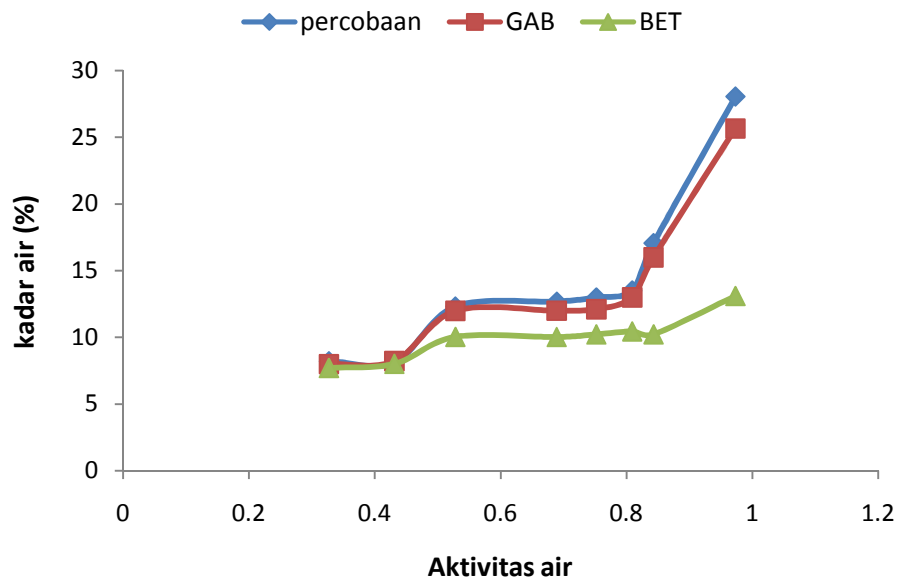
Gambar 16. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Srikandi berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

Pada model GAB, parameter-parameter yang dimiliki mempunyai makna fisik proses sorpsi yaitu dapat menentukan nilai konstanta c dan K yang berhubungan dengan energi interaksi antara air dan bahan, serta nilai m_0 yang menunjukkan kadar air sat terjadi satu lapis molekul air dan mampu menggambarkan pengaruh suhu terhadap sorpsi isothermik dengan menggunakan persamaan Arrhenius. Model GAB ini dapat digunakan untuk penentuan kapasitas air terikat tersier.

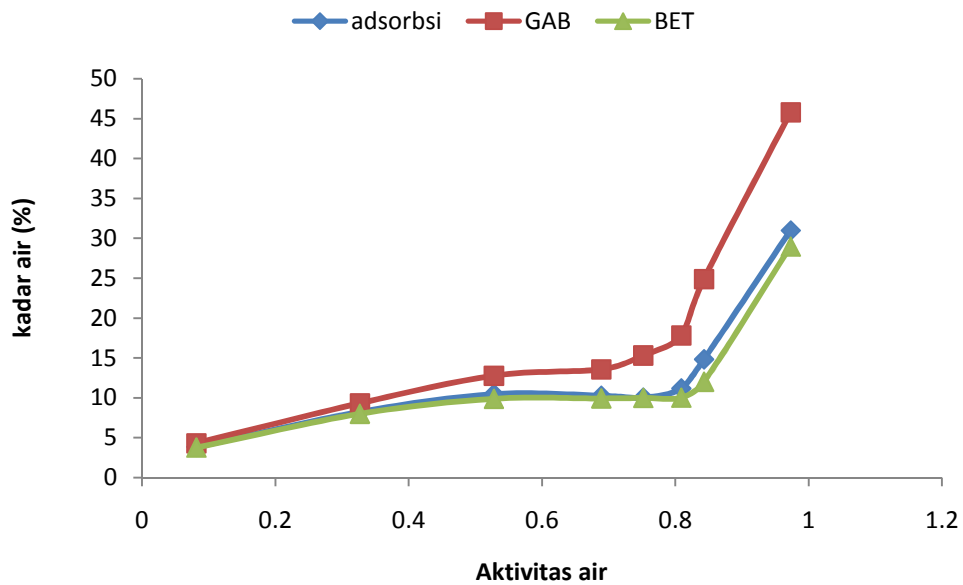


Gambar 17. Kurva moisture sorbsi isotherm tepung jagung Canggal berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

Berdasarkan Gambar 13 sampai 16 dapat dilihat bahwa model BET hanya tepat untuk menggambarkan kadar air tepung jagung instan pada aw 0,1 sampai 0,8. Hal ini sesuai dengan pernyataan persamaan model BET merupakan model yang paling luas digunakan dan paling tepat untuk diterapkan pada bahan pangan yang mempunyai kisaran aw tertentu yaitu 0,05 – 0,45 (Al Muhtaseb dkk., 2002, Furmanik dkk., 2009). Model ini dapat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer yang diadsorbsi pada permukaan. Kandungan air pada lapisan monolayer ini sangat penting dalam menentukan stabilitas fisik dan kimia bahan yang dikeringkan.



Gambar 18. Kurva moisture sorbsi isotherm tepung kedelai berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET



Gambar 19. Kurva moisture sorbsi isotherm tepung tempe berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

Kurva isotherm sorpsi tepung dan formula awal produk adalah berbentuk landai. Kurva isotherm sorpsi bahan baku (tepung) memiliki bentuk yang hampir

sama dengan kurva isotherm sorpsi formula awal produk. Kurva isotherm bahan baku dapat digunakan untuk mengetahui stabilitasnya selama penyimpanan. Parameter stabilitas bahan berdasarkan kurva isotherm sorpsi terutama terletak pada nilai kadar air monolayer (m_0).

Menurut Bell dan Labuza (2000), pada kebanyakan produk pangan kering, kadar air monolayer menunjukkan kadar air kritis yang dapat juga diasosiasikan dengan nilai a_w kritis. Penurunan kualitas produk terjadi seiring dengan peningkatan kadar air di atas kadar air monolayernya. Dengan demikian, apabila produk memiliki kadar air di atas kadar monolayernya maka produk akan lebih cepat mengalami penurunan kualitasnya. Pada kebanyakan produk pangan kering, kenaikan nilai a_w sebesar 0,1 dapat menurunkan umur simpan produk 2-3 kalinya.

Isotherm sorpsi tepung kedelai instant dan tepung tempe instant (Gambar 17 dan 18) juga menunjukkan model yang sama dengan isotherm sorpsi tepung jagung, yaitu berbentuk sigmoid atau seperti huruf S. Tepung kedelai dan tepung tempe termasuk bahan makanan kering umumnya termasuk isothermis sorpsi tipe II. Bentuk kurva isothermis sorpsi II yang berbentuk huruf S disebabkan pengaruh akumulatif dari ikatan hydrogen, Hukum Raoult, kapiler dan interaksi antara permukaan bahan dengan molekul air. Pada kurva tersebut terdapat dua lengkungan, lengkungan pertama pada a_w sekitar 0,2 sampai 0,4 dan yang lain pada a_w 0,7 sampai 0,8. Kedua lengkungan ini merupakan akibat perubahan sifat fisikokimia pengikatan air oleh bahan.

Bahan yang berada pada RH tinggi (80-90 %) ditumbuhi kapang sebelum mencapai titik kesetimbangan. Pada saat kapang telah tumbuh, bobot

bahan menjadi naik turun tidak stabil. Kapang pada tepung jagung dan tepung kacang merah mulai tumbuh pada RH 85 persen, sedangkan pada formula produk, kapang mulai tumbuh pada RH 75 persen. Hal tersebut disebabkan lebih kompleksnya bahan yang terdapat dalam formula, seperti adanya susu bubuk, lemak dan gula. Menurut Fardiaz (1992) nutrisi merupakan salah satu factor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Nutrisi yang diperlukan dalam pertumbuhan mikroorganisme adalah sumber karbon, sumber nitrogen, sumber energy dan factor pertumbuhan yaitu vitamin dan mineral.

E. PENENTUAN JUMLAH AIR DAN HUMEKTAN

Pangan semi basah atau *Intermediate Moisture Foods* merupakan salah satu alternatif produk pangan darurat. Menurut Christian dan Troller (1978), pangan semi basah adalah pangan yang memiliki sifat plastis dan lunak yang dapat langsung dikonsumsi, tidak menyebabkan rasa haus, tidak memerlukan pemasakan terlebih dahulu serta dapat disimpan pada suhu kamar dalam jangka waktu lama.

Penentuan Jumlah Air

Pembasahan bertujuan untuk menghasilkan formula pangan darurat yang homogen dan mudah ditelan. Sejumlah air ditambahkan pada formula pangan darurat yang telah ditentukan dengan menggunakan air mineral yang telah dipanaskan sampai suhu 80⁰C. Penambahan air dilakukan sedikit demi sedikit hingga adonan formula tercampur rata. Adonan yang telah homogen kemudian diuji sensori secara subjektif terbatas oleh peneliti hingga didapatkan adonan yang

mudah ditelan dan tidak menyebabkan rasa haus. Penambahan jumlah air pada formula pangan darurat dapat dilihat pada Tabel 14.

Produk yang secara sensoris mudah sampai agak mudah ditelan, berarti air yang ditambahkan sudah cukup membasahi produk. Jumlah air yang ditambahkan pada produk bervariasi antara 38,3 sampai 47,3 ml. Perbedaan penambahan air dipengaruhi oleh komposisi formula produk, yaitu jumlah tepung jagung, tepung kedelai atau tepung tempe, minyak, susu bubuk dan gula halus. Perbedaan penambahan susu bubuk dan gula halus mengakibatkan perbedaan penyerapan air karena keduanya mempunyai ukuran partikel lebih halus sehingga mampu menyerap lebih banyak air

Tabel 14. Penambahan jumlah air pada formulasi produk pangan darurat dari tepung jagung-kedelai dan tepung jagung-tempe

Formula	Jumlah air (gram)
J1	38,3
J2	47,7
J3	38,2
J4	39
J5	41,4
J6	47,3
J7	40
J8	40

Keterangan : J1 = Tepung jagung Bisi dan tepung kedelai; J2 = Tepung jagung Lokal dan tepung kedelai; J3 = Tepung jagung Pioneer dan tepung kedelai; J4 = Tepung jagung Srikandi dan tepung kedelai; J5 = Tepung jagung Bisi dan tepung tempe; J6 = Tepung jagung Lokal dan tepung tempe; J7 = Tepung jagung Pioneer dan tepung tempe; J8 = Tepung jagung Srikandi dan tepung tempe

Jumlah air yang ditambahkan dalam formula tepung jagung Lokal dan tepung kedelai adalah 47,7 gram. Setelah penambahan air dan diuji secara organoleptik dihasilkan produk yang agak mudah sampai mudah ditelan. Penambahan humektan menghasilkan *after taste* agak pahit sampai tidak pahit. Penambahan sorbitol menghasilkan a_w 0,94 dan produk yang ditambah gliserol menghasilkan a_w 0,94.

Air yang ditambahkan dalam formula tepung jagung Pioneer dan tepung kedelai sebanyak 38,2 gram dan dilakukan uji organoleptik menghasilkan produk yang agak mudah sampai mudah ditelan, penambahan humektan menghasilkan *after taste* agak pahit. Produk yang ditambah sorbitol menghasilkan a_w 0,94 sedangkan produk yang ditambah gliserol menghasilkan a_w 0,95.

Humektan merupakan zat aditif pangan sehingga dibutuhkan pengontrolan dalam penggunaannya. Menurut Furia (1968), penggunaan poliol (propilen glikol, sorbitol, gliserol dan mannitol), baik pada pangan semi basah, basah maupun kering dapat mempengaruhi tekstur, rasa dan penerimaan. Humektan yang digunakan dalam penelitian ini berupa sorbitol dan gliserol. Penentuan jumlah humektan dilakukan dengan penambahan sorbitol dan gliserol dalam berbagai konsentrasi. Kemudian dilakukan uji sensoris secara subjektif terbatas oleh peneliti untuk merasakan efek penambahan humektan berupa *aftertaste* pahit. Hasil pengujian sensoris penambahan humektan pada formula pangan darurat dengan berbagai konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 15.

Penentuan jumlah humektan yang ditambahkan berdasarkan tingkat *aftertaste* yang dilakukan pada uji sensoris dan konsentrasi maksimal penambahan

agar dapat meningkatkan cita rasa produk pangan darurat. Selain kemampuannya mengikat air dan menurunkan a_w , penambahan humektan juga berperan dalam memperbaiki tekstur, cita rasa dan nilai kalori (Sloan *et al.*, 1976).

Tabel 15. Hasil pengujian sensoris penambahan humektan terhadap after taste pangan darurat

Formula	Konsentrasi %					
	H1			H2		
	4	5	6	1	2	3
J1	-	-	+	-	+	++
J2	-	-	+	-	+	++
J3	-	-	+	-	+	++
J4	-	-	+	-	+	++
J5	-	-	+	-	+	++
J6	-	-	+	-	+	++
J7	-	-	+	-	+	++
J8	-	-	+	-	+	++

Keterangan : H1 = sorbitol; H2 = gliserol

“-“ = tidak pahit; “+” = agak pahit; “++” = pahit

Penambahan humektan (sorbitol dan gliserol) menghasilkan *after taste* tidak pahit sampai agak tidak pahit. Produk yang ditambah sorbitol menghasilkan a_w 0,94 dan produk yang ditambah gliserol menghasilkan a_w 0,93.

Pada penambahan sorbitol digunakan konsentrasi 5 % atau sebesar 2.5 gram ke dalam formula pangan darurat. Selain tidak menyebabkan *after taste*, penambahan konsentrasi 5 % sorbitol juga melihat jumlah maksimal pemakaian sorbitol per harinya agar tidak menyebabkan efek laksatif sedangkan pada penambahan gliserol didapatkan konsentrasi 1.5% atau sebesar 0.75 gram.

Penggunaan tiga konsentrasi; 1%, 2% dan 3% memberikan *aftertaste* agak pahit pada konsentrasi 2% dan pahit pada konsentrasi 3%. Maksimalisasi penggunaan gliserol dilakukan dengan penambahan perlakuan konsentrasi di angka 1.5% dengan hasil uji sensoris tidak pahit.

Purnomo (1995), berpendapat bahwa penambahan gula dan garam pada produk berperan sebagai humektan selain pembentuk cita rasa bersama bahan-bahan lainnya. Humektan ini merupakan zat kimia yang larut dalam air, dimana zat tersebut akan mengikat air pada bahan sehingga kadar airnya menurun. Ada tiga golongan humektan, yaitu (Jackson, 1995) :

1. Golongan gula : sukrosa, dekstrosa, maltosa, dan fruktosa.
2. Golongan poliol : glikol, sorbitol, gliserol, dan manitol.
3. Golongan garam : natrium klorida, natrium bromida, dan kalium klorida.

Beberapa jenis humektan digunakan untuk menurunkan kadar air, semakin banyak humektan yang ditambahkan maka jumlah air bebas yang dapat dikeluarkan semakin kecil (Jackson, 1995). Humektan yang digunakan pada pembuatan produk pangan darurat adalah sorbitol dan gliserol. Sorbitol dan gliserol merupakan humektan yang dapat mengurangi atau mencegah kehilangan air.

F. KARAKTERISTIK PRODUK

Aktivitas Air Formula

Setelah penambahan air kemudian dilanjutkan dengan penambahan sorbitol dan gliserol, produk disiapkan untuk analisis lanjutan berupa perhitungan aktivitas air menggunakan alat a_w meter. Perhitungan a_w dilakukan pada kedelapan formulasi produk pangan darurat. Aktivitas air menurut Van der Berg (1986), merupakan konsep termodinamis yang menjadi faktor penting dalam kerusakan bahan pangan yang umumnya disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme.

Berbosa-Canovas dan Vega-Mercado (1996) mendefinisikan aktivitas air sebagai suatu istilah yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara bahan pangan dengan kelembaban udara lingkungan. Fontana (1998) menyatakan bahwa a_w berperan dalam reaksi pencokelatan nutrisi, enzimatik, oksidasi lipid, degradasi vitamin, denaturasi protein, gelatinisasi dan retrogradasi. Nilai a_w formula pangan darurat dengan penambahan humektan dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. a_w formula dengan penambahan humektan

Formula	a_w
J1H1	0.955
J1H2	0.96
J2H1	0.935
J2H2	0.945
J3H1	0.955
J3H2	0.95
J4H1	0.945
J4H2	0.96

Aktivitas air pada kedelapan produk dengan perlakuan penambahan sorbitol dan gliserol terlihat masih tinggi. Purnomo (1995) menyebutkan bahwa saat ini aktivitas air merupakan parameter penting dan sangat berguna untuk menunjukkan kebutuhan air atau hubungan air dengan mikroorganisme dan aktivitas enzimatik. Beberapa reaksi kimia dalam bahan pangan seperti reaksi enzimatik dan reaksi kimia dipengaruhi juga oleh aktivitas air. Tabel 17 memperlihatkan nilai a_w dan kadar air dari beberapa bahan pangan.

Tabel 17. Nilai a_w dan kadar air dari berbagai bahan pangan

Jenis produk	a_w	Kadar air (%)
Susu	0.994	87
Daging segar	0.985	70
Keju peram (gouda)	0.94	40
Sosis	0.89	42
Susu kental manis	0.83	28
Tepung	0.72	14.5
Susu skim bubuk	0.11	3.5

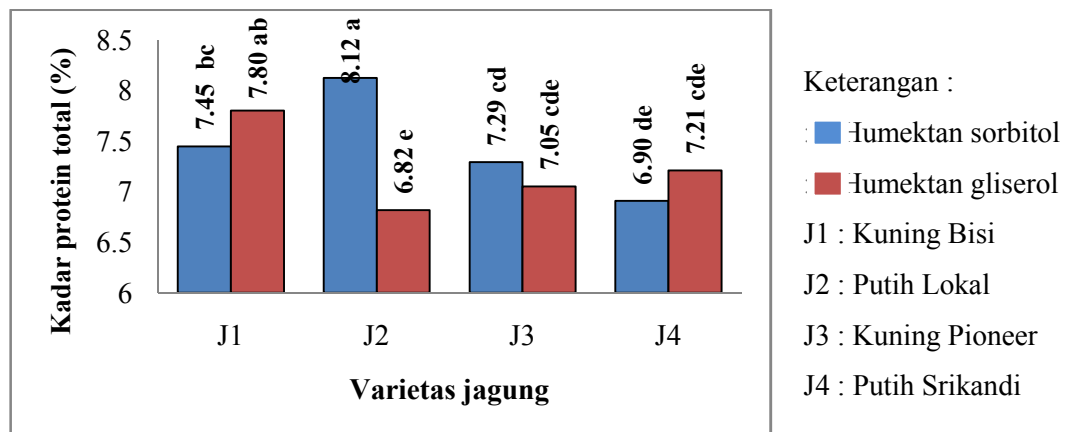
Sumber : Van der Berg, 1986

Komposisi Formula

Nilai gizi merupakan parameter yang sangat penting bagi konsumen dalam menentukan pilihan terhadap bahan pangan (Maghfiroh, 1998). Salah satu cara untuk menentukan nilai gizi suatu produk pangan adalah dengan analisis nilai gizi. Analisis nilai gizi yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak dan kadar karbohidrat *by difference*.

Kadar protein total

Varietas jagung, jenis humektan, dan interaksi antara varietas jagung dengan jenis humektan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar protein total pangan darurat dari tepung jagung-tempe. Kadar protein total pangan darurat dengan interaksi antara perlakuan varietas jagung dan jenis humektan disajikan pada Gambar 20.



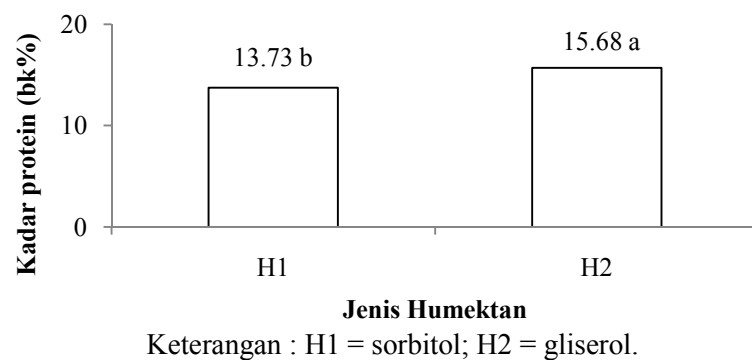
Gambar 20. Kadar protein total pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang dipengaruhi interaksi varietas jagung dan jenis humektan

Gambar 20 menunjukkan bahwa kadar protein total pangan darurat dari tepung jagung-tempe terendah adalah 6,82 persen, yang dihasilkan dari kombinasi varietas jagung putih lokal dengan penambahan humektan 2 (gliserol) (J2H2), sedangkan kadar protein tertinggi adalah 8,1223% (bb) dihasilkan dari kombinasi perlakuan varietas jagung putih lokal dengan penambahan humektan 1 (sorbitol) (J2H1).

Perbedaan kadar protein total diduga dipengaruhi oleh perbedaan kandungan protein antar varietas tepung jagung. Formulasi produk pangan darurat jagung putih lokal dengan penambahan humektan 2 (gliserol) (J2H2)

menghasilkan kadar protein yang paling rendah. Hal ini dikarenakan oleh kadar protein tepung jagung putih lokal paling tinggi dibandingkan dengan varietas jagung yang lain yaitu sebesar 9,86%. Persentase penambahan perlakuan humektan 2 (gliserol) pada tepung jagung putih lokal ini dapat mempengaruhi kandungan protein total, karena gliserol dapat melindungi komponen-komponen yang terikat kuat di dalam bahan yang belum mengalami kerusakan termasuk kadar protein, kadar lemak, dan kadar air (Jackson, 1995).

Pada pangan darurat dari tepung jagung-kedelai, varietas jagung dan interaksi antara perlakuan varietas jagung dan jenis humektan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar protein total pangan darurat, sedangkan perlakuan jenis humektan berpengaruh nyata. Kadar protein pangan darurat dari tepung jagung-kedelai yang berbeda jenis humektan dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Pengaruh jenis humektan terhadap kadar protein total pangan darurat dari tepung jagung-kedelai

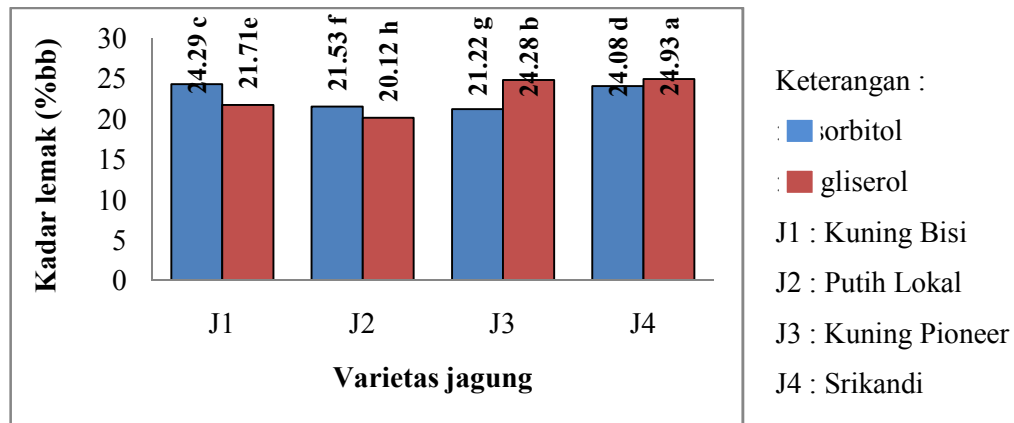
Jenis humektan H2 (gliserol) menghasilkan nilai protein lebih tinggi daripada jenis humektan H1 (sorbitol). Kadar protein total yang dihasilkan oleh H2 (gliserol) adalah 15,678% dan H1 sebesar 13,732%. Sesuai dengan pernyataan

Jackson (1995), penambahan humektan dapat melindungi komponen-komponen yang terdapat dalam bahan pangan seperti kadar protein, kadar air dan sebagainya. *Calorie control council* (2013) menyebutkan bahwa nilai kalori pada sorbitol sebesar 2,6 kkal/g atau setara dengan 10,87 kJ/g sedangkan nilai kalori pada gliserol sebesar 38 kJ/g sebagai karbohidrat dan protein.

Menurut Soediaoetama (2000) untuk meningkatkan mutu protein dapat dilakukan dengan suplementasi, yaitu dengan cara meningkatkan kadar asam amino pembatas. Dalam prakteknya cara ini dapat dilakukan dengan menambahkan asam amino pembatas yang murni atau mencampurkan dua atau lebih jenis sumber protein yang berbeda jenis asam amino pembatasnya. Jagung memiliki asam amino pembatas triptofan sedangkan kedelai mempunyai asam amino pembatas metionin. Dengan mengonsumsi bahan-bahan tersebut secara bersamaan maka kekurangan asam amino dari masing-masing bahan dapat tertutupi.

Kadar lemak

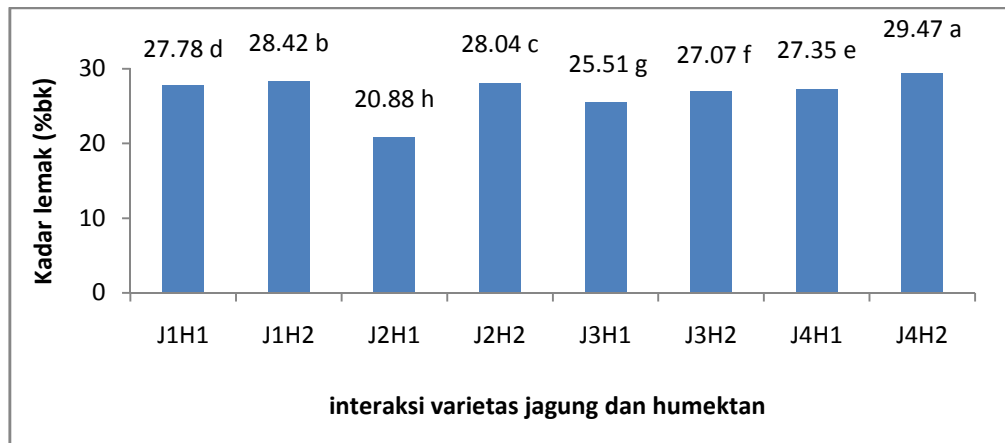
Pada pangan darurat dari tepung jagung-tempe, varietas jagung, jenis humektan, dan interaksi antara perlakuan varietas jagung dengan jenis humektan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar lemak formulasi produk pangan darurat. Kadar lemak (%bb) formulasi produk pangan darurat dengan interaksi antara perlakuan varietas jagung dan jenis humektan disajikan pada Gambar 22.



Gambar 22. Kadar lemak pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang dipengaruhi interaksi antara varietas jagung dan jenis humektan

Kadar lemak formulasi produk pangan darurat terendah adalah 20,1253% dihasilkan dari kombinasi perlakuan varietas jagung putih lokal dengan penambahan gliserol) (J2H2) (Gambar 22). Kadar lemak tertinggi adalah 24,9353% dihasilkan dari kombinasi perlakuan varietas jagung putih srikandi dengan penambahan humektan 2 (gliserol) (J4H2).

Pada pangan darurat dari tepung jagung-kedelai, varietas jagung, jenis humektan dan interaksinya berpengaruh nyata terhadap kadar lemak pangan darurat dari tepung jagung-kedelai. Gambar 23 menunjukkan bahwa nilai kadar lemak terendah pangan darurat dari tepung jagung-kedelai dihasilkan oleh perlakuan J2H1 yaitu pangan darurat dari varietas Canggal sebesar 20,88% dan nilai tertinggi dihasilkan oleh perlakuan J4H2 yaitu pangan darurat dari varietas Srikandi sebesar 29,47%.



Keterangan : J1 = tepung jagung Bisi; J2 = tepung jagung Lokal; J3 = tepung jagung Pioneer; J4 = tepung jagung Srikandi; H1 = sorbitol; H2 = gliserol.

Gambar 23. Pengaruh interaksi varietas jagung dan jenis humektan terhadap kadar lemak pangan darurat dari tepung jagung-kedelai

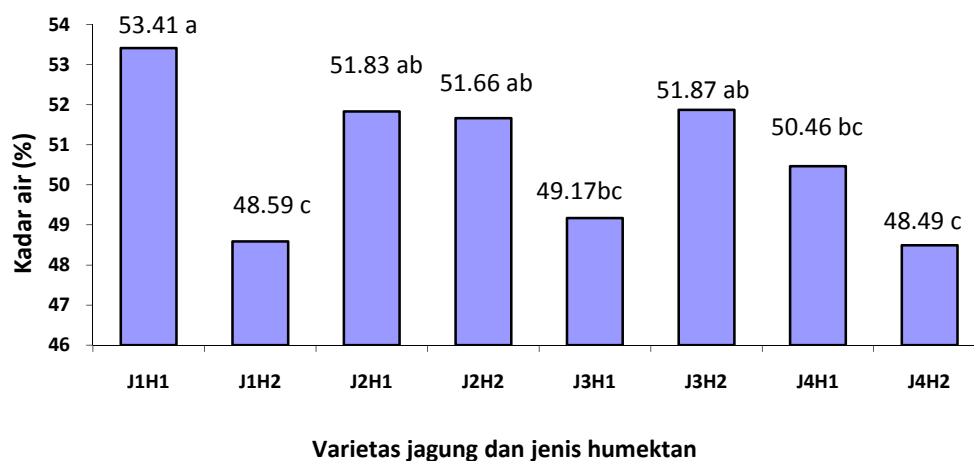
Perbedaan kadar lemak diduga dipengaruhi oleh perbedaan kandungan struktur biji jagung pada masing-masing varietas jagung. Lemak jagung sebagian besar terdapat pada lembaga dan tersusun atas asam lemak trigliserida. Lembaga jagung terdiri dari dua bahan besar, yaitu *scutellum* yang merupakan cadangan makanan selama perkecambahan biji dan *embrionik axis* yang merupakan calon tanaman baru dengan kandungan utamanya adalah lemak, sedangkan asam-asam lemak yang terdapat dalam jagung yaitu linoleat, oleat, palmitat, stearat, linoleat, dan arachidat (Inglett, 1970). Jagung yang memiliki kandungan lemak yang tinggi, memiliki lembaga yang berukuran cenderung lebih besar. Hal ini disebabkan lembaga memiliki daya ikat terhadap komponen lain yang lebih kuat, sehingga selama proses penyosohan lembaga tidak hilang sempurna (Suarni, 2009).

Kadar lemak pangan darurat meningkat dibandingkan tepung jagungnya. Kadar lemak bahan baku tepung jagung berkisar antara 0,02-1,61% dan setelah

diolah menjadi produk pangan darurat dengan penambahan tepung kedelai atau tepung tempe dan humektan yang menggunakan teknologi IMF kadar lemaknya berkisar 20,12-24,93% . Peningkatan kadar lemak disebabkan oleh penambahan bahan-bahan lain seperti minyak, tepung kedelai dan susu bubuk. Penambahan humektan pada pangan darurat menurut Jackson (1995) dapat melindungi komponen-komponen yang terdapat dalam kadar lemak.

Kadar air

Air merupakan komponen penting dalam bahan pangan karena peranannya dalam reaksi-reaksi kimia maupun biokimia. Varietas jagung dan jenis humektan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air pangan darurat tepung jagung-tempe, sedangkan interaksi varietas jagung dan jenis humektan berpengaruh nyata. Pengaruh kombinasi varietas jagung dan penambahan humektan pada kadar air pangan darurat dapat dilihat pada Gambar 24.

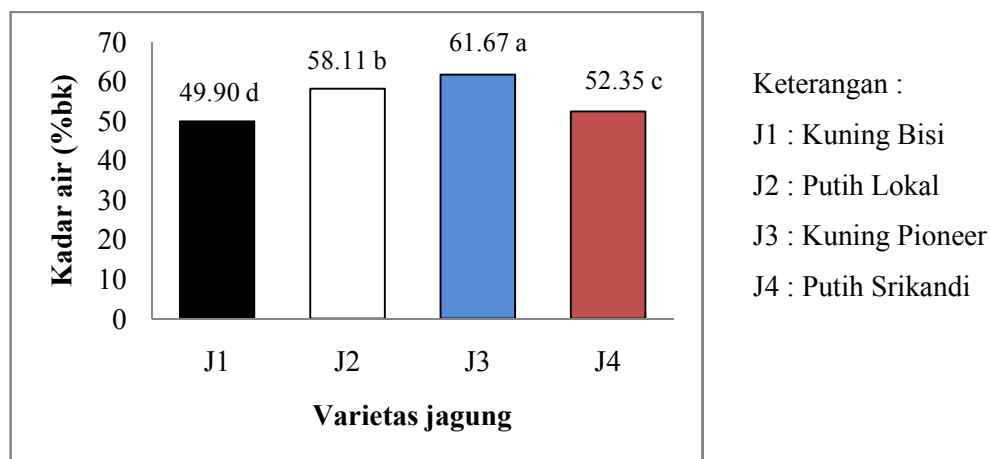


J1 = Bisi; J2 = Canggal; J3 = Pioneer; J4 = Srikandi; H1 = Sorbitol; H2 = Gliserol

Gambar 24. Pengaruh kombinasi varietas jagung dan penambahan humektan terhadap kadar air pangan darurat

Kadar air pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang terendah adalah pada produk J4H2 yaitu 48,48 persen, sedangkan yang tertinggi adalah 53,49 persen dihasilkan dari kombinasi perlakuan J1H1 (Gambar 24). Kadar air pangan darurat ini dipengaruhi adanya humektan yang mampu mengikat air. Penentuan kadar air dilakukan untuk mengetahui daya awet dari makanan karena kadar air yang tinggi akan memperbesar kemungkinan serangan mikroba.

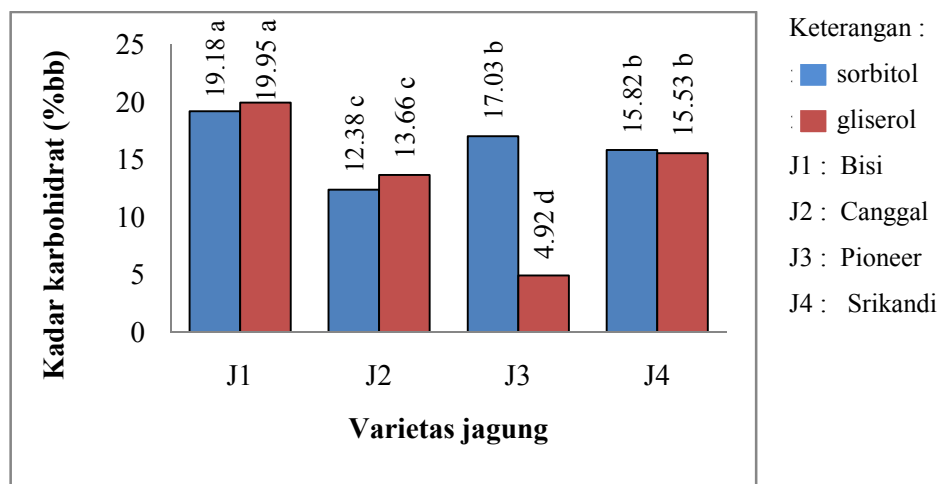
Pada pangan darurat dari tepung jagung-kedelai, kadar air hanya dipengaruhi varietas jagung. Gambar 25 menunjukkan bahwa kadar air terendah terdapat pada pangan darurat terendah adalah 49,90 % (bb) dihasilkan dari perlakuan varietas jagung kuning bisi (J1), sedangkan kadar air tertinggi adalah 61,6677% dihasilkan dari jagung pioneer. Perbedaan kadar air diduga dipengaruhi oleh perbedaan kadar air tepung jagung tiap varietas.



Gambar 25. Kadar air pangan darurat dari tepung jagung-kedelai pada beberapa varietas jagung

Karbohidrat (*by difference*)

Karbohidrat pada jagung banyak terdapat pada bagian endosperma. Analisis kadar karbohidrat (*by difference*) penting diketahui karena untuk menggambarkan peran formulasi produk pangan darurat sebagai makanan yang memiliki energi. Varietas jagung, jenis humektan, dan interaksi antara perlakuan varietas jagung dengan jenis humektan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar karbohidrat pangan darurat dari tepung jagung-tempe. Kadar karbohidrat pangan darurat dari tepung jagung-tempe pada pengaruh interaksi antara perlakuan varietas jagung dan jenis humektan disajikan pada Gambar 26.



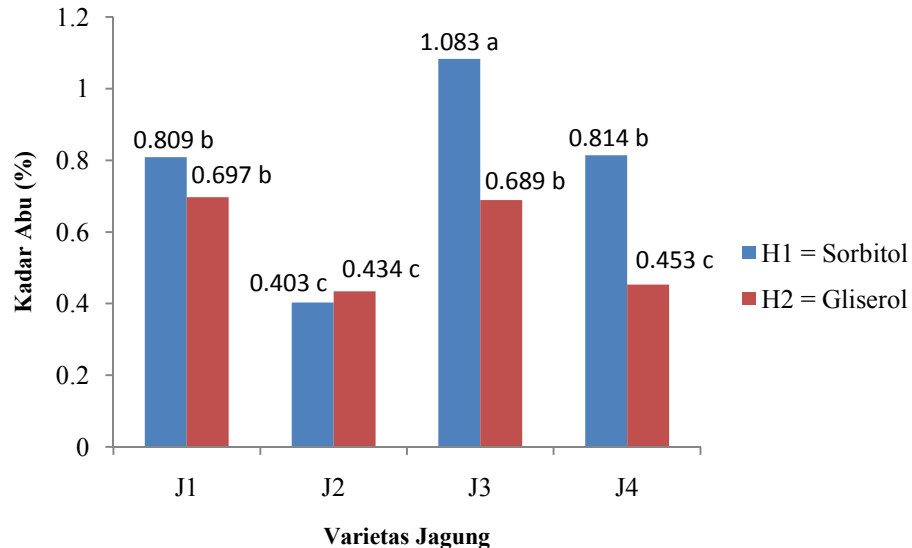
Gambar 26. Kadar karbohidrat pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang dipengaruhi interaksi antara varietas jagung dan jenis humektan

Pangan darurat dari tepung jagung-tempe memiliki kadar karbohidrat terendah 4,92 persen yaitu pada interaksi jagung Pioneer dengan penambahan gliserol (J3H2), sedangkan kadar karbohidrat tertinggi adalah 19,95 persen yaitu pada interaksi jagung Bisi dengan penambahan gliserol. Kadar karbohidrat dipengaruhi oleh menurunnya kadar air, dimana sebagian *pericarp*, *tip cap*, dan

lembaga hilang karena perhitungan kandungan karbohidrat menggunakan cara perhitungan 100 persen dikurangi dengan persentase kandungan air, protein, lemak, dan abu. Kadar karbohidrat tepung jagung varietas Bisi (J1), Lokal (J2), Pioneer (J3), dan Srikandi (J4) adalah 76,97; 77,80; 78,31; dan 78,12.

Kadar abu

Varietas jagung, jenis humektan dan interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata terhadap kadar abu pangan darurat dari tepung jagung-kedelai. Kadar abu tertinggi terdapat pada J3H1 yaitu pangan darurat dari jagung Pioneer dan kedelai dengan penambahan sorbitol 5 persen, sebesar 1,083, sedangkan kadar abu terendah terdapat pada J2H1 yaitu pangan darurat dari Jagung Canggal dan kedelai dengan penambahan sorbitol 5 persen (Gambar 27).



Gambar 27. Kadar abu pangan darurat dari tepung jagung-kedelai yang dipengaruhi varietas jagung dan jenis humektan.

Kandungan abu yang berbeda-beda karena perbedaan kandungan mineral dalam tepung jagung. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh penambahan pupuk dan kondisi tanah tumbuh (Waegiono, 1979). Inglett (1970) menyatakan bahwa mineral yang terdapat dalam jagung umumnya adalah kalsium, fosfor, potassium, magnesium dan besi.

Sifat sensori

Pengujian sensori dilakukan untuk memberikan penilaian terhadap bahan atau produk pangan dengan menggunakan indera manusia. Secara umum, pengujian sensori dibagi menjadi tiga yaitu uji perbedaan (*discrimination test*), uji deskriptif (*descriptive test*), dan uji afektif (*affective test*) (Meilgard, *et al.*, 1999). Uji perbedaan digunakan untuk menentukan perbedaan yang nyata pada beberapa sampel produk, uji deskriptif digunakan untuk menentukan intensitas perbedaan beberapa sampel produk, serta uji afektif untuk mengukur sikap subjektif panelis terhadap produk yang didasarkan oleh alat sensorinya.

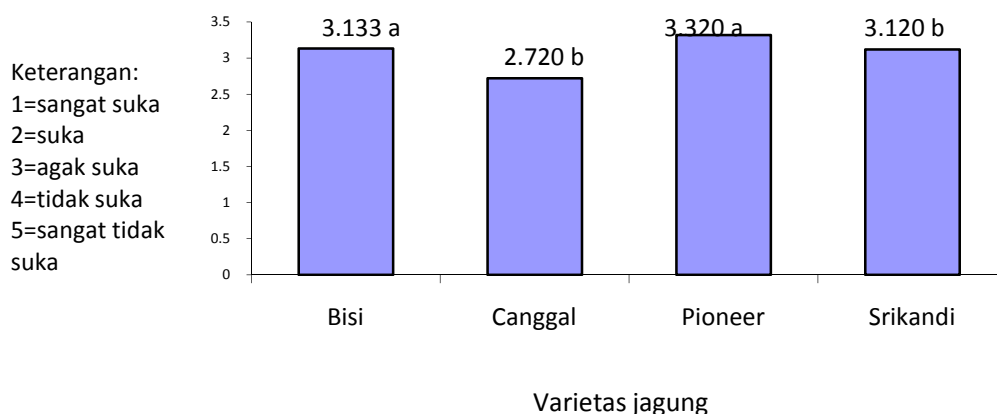
Pengujian sensori empat formula pangan darurat IMF dilakukan menggunakan 25 panelis semi terlatih dengan kode sampel yang berbeda yang berfungsi untuk menilai sampel yang diuji. Pengujian menggunakan uji rating atribut dan uji rating hedonik (kesukaan) untuk keseluruhan sampel produk, dimana uji rating atribut ini termasuk bagian dari *multisample difference test : rating approach*, sedangkan uji rating hedonik merupakan uji afektif kuantitatif.

Uji scoring atribut dilakukan pada produk pangan darurat, meliputi uji rating terhadap rasa, aftertaste pahit, dan kemudahan ditelan. Atribut rasa

digunakan untuk mengetahui tingkat penerimaan panelis terhadap produk dari parameter penilaian sangat enak sampai sangat tidak enak. Hal ini berdasarkan kriteria produk pangan darurat yang dapat diterima oleh konsumen. Atribut aftertaste pahit digunakan untuk melihat pengaruh penambahan sorbitol dan gliserol sebagai humektan. Atribut kemudahan ditelan digunakan untuk mengetahui tingkat kemudahan produk dapat ditelan dan tidak menyebabkan rasa haus ketika dimakan.

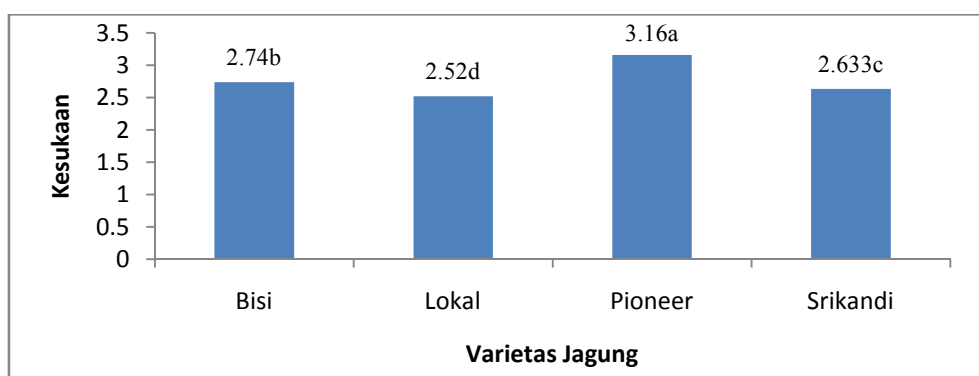
Uji Hedonik

Uji hedonik adalah uji yang digunakan untuk menentukan respon sejumlah panelis melalui pengisian kuisioner berkaitan dengan kesukaan, preferensi dari satu atau keseluruhan atribut sensori (Christine, 2008). Varietas jagung berpengaruh nyata terhadap kesukaan pangan darurat dari tepung jagung-tempe, sedangkan jenis humektan dan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata. Hasil uji hedonik menunjukkan tingkat kesukaan panelis terhadap produk IMF yang disajikan. Pada empat formula terlihat tingkat kesukaan yang didapatkan hampir sama pada J1, J3 dan J4 berturut-turut mendapatkan nilai 3,13, 3,32 dan 3,12 yang berarti agak disukai panelis. Sedangkan pada formula J2 panelis memberikan penilaian rata-rata 2,72 yang berarti produk disukai (Gambar 28). Semakin rendah nilai rata-rata yang dihasilkan berarti produk tersebut semakin disukai oleh panelis.



Gambar 28. Hasil uji hedonik pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang dipengaruhi varietas jagung

Uji hedonic pangan darurat dari tepung jagung-kedelai juga memberikan hasil serupa. Varietas jagung berpengaruh sangat nyata terhadap kesukaan produk pangan darurat, sedangkan jenis humektan dan kombinasi keduanya tidak berpengaruh nyata. Gambar 29 menunjukkan nilai rata-rata tertinggi kesukaan produk pangan darurat adalah 3,16 dihasilkan dari jagung Pioneer sedangkan nilai rata-rata terendah adalah 2,52 dihasilkan dari varietas Canggal (Gambar 29). Semakin rendah nilai rata-rata yang dihasilkan berarti produk tersebut semakin disukai oleh panelis.

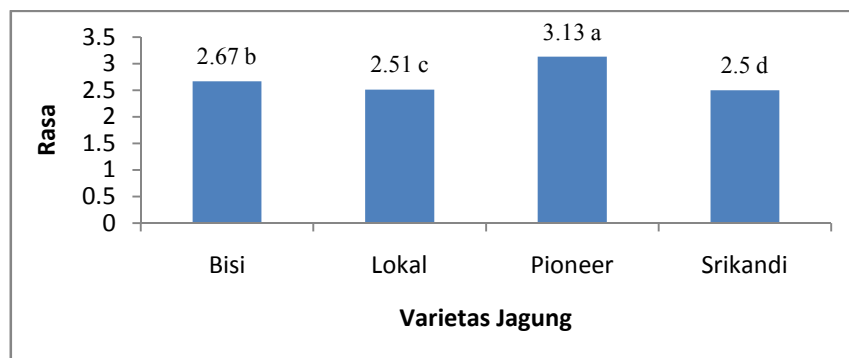


Gambar 29. Hasil uji hedonik pangan darurat dari tepung jagung-kedelai yang dipengaruhi varietas jagung

Uji Atribut

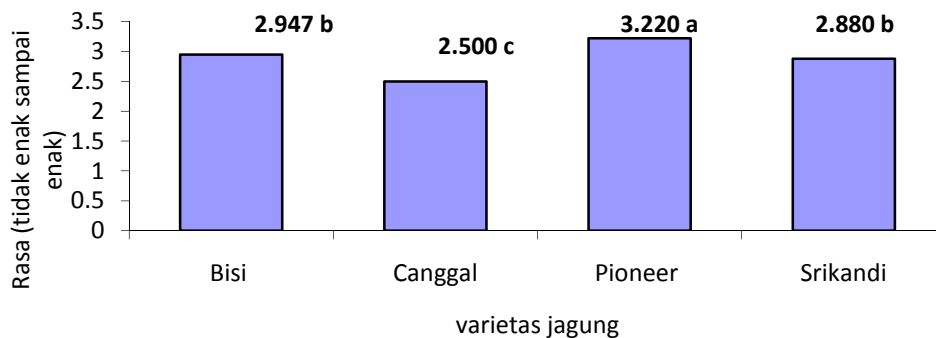
Pengujian dilakukan terhadap 3 jenis atribut pada pangan darurat dari tepung jagung-tempe dan tepung jagung-kedelai, yaitu uji terhadap atribut kemudahan ditelan, *aftertaste* dan rasa. Uji kemudahan ditelan bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan produk ketika ditelan dan seberapa kesan haus yang ditimbulkan setelah mengkonsumsi produk. Uji atribut *aftertaste* bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan humektan berupa sorbitol dan gliserol ke dalam produk, sedangkan uji atribut rasa bertujuan untuk mengetahui tingkat penerimaan panelis terhadap produk mulai dari penilaian sangat enak hingga sangat tidak enak.

Varietas jagung berpengaruh sangat nyata terhadap rasa pangan darurat dari tepung jagung-kedelai, sedangkan jenis humektan dan kombinasinya tidak berpengaruh nyata. Gambar 30 menunjukkan rasa pangan darurat dari tepung jagung-kedelai tertinggi adalah 3,13 yang terdapat pada jagung Pioneer, sedangkan -rata terendah adalah 2,5, yaitu pada jagung Srikandi. Semakin rendah nilai rata-rata yang dihasilkan berarti rasa pangan darurat semakin enak. Rasa yang bervariasi dihasilkan karena varietas jagung yang berbeda. Haryadi (2006) menyatakan bahwa rasa merupakan selera pribadi dalam menilai suatu produk.



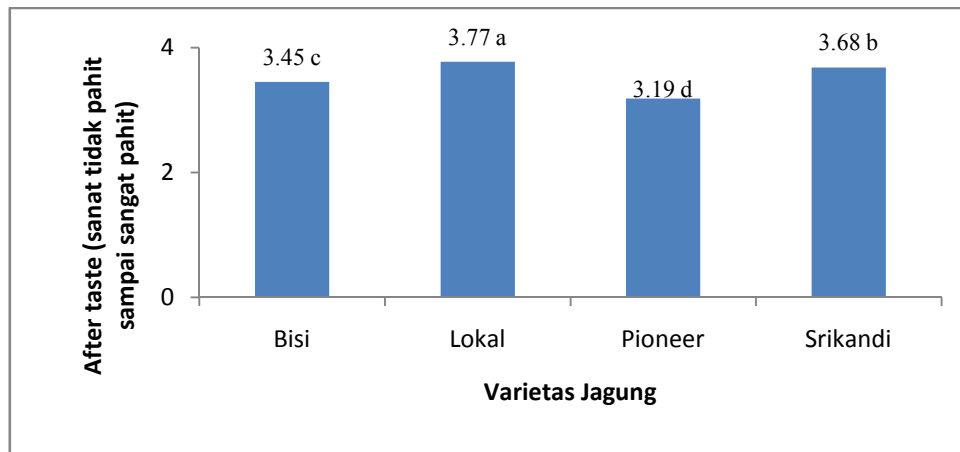
Gambar 30. Hasil uji sensoris rasa pangan darurat dari tepung jagung-kedelai yang dipengaruhi varietas jagung

Hasil pengujian sensoris terhadap rasa pangan darurat dari tepung jagung-tempe juga menunjukkan hal yang sama, yaitu bahwa varietas jagung berpengaruh nyata terhadap rasa, sedangkan jenis humektan dan kombinasi keduanya tidak berpengaruh nyata. Gambar 31 menunjukkan nilai rasa produk pangan darurat mulai tertinggi sampai terendah turut adalah Pioneer, Bisi, Srikandi, dan Canggal. Pada produk J2 berbahan baku tepung jagung Lokal dan tepung tempe mendapatkan penilaian enak dengan nilai rata-rata 2,5 sedangkan penilaian agak enak diperoleh produk J3 dengan nilai rata-rata 3,22.



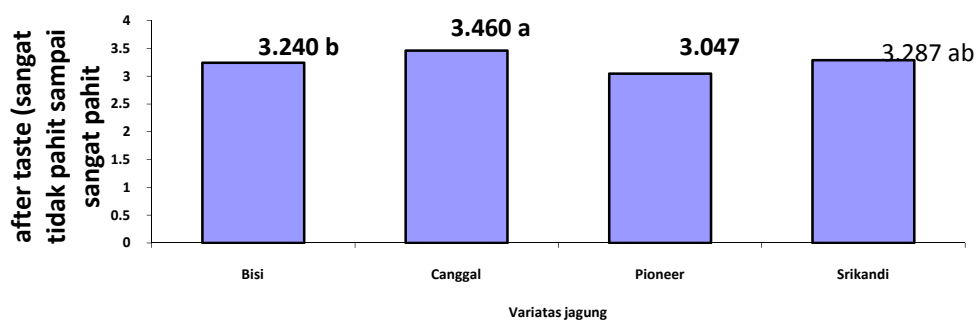
Gambar 31. Hasil uji sensoris rasa pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang dipengaruhi varietas jagung

Varietas jagung berpengaruh sangat nyata terhadap *aftertaste* (rasa pahit) pangan darurat dari tepung jagung-kedelai, sedangkan jenis humektan dan kombinasi keduanya tidak berpengaruh nyata. Gambar 32 menunjukan *aftertaste* (rasa pahit) pangan darurat dari tepung jagung-kedelai tertinggi adalah 3,77 yaitu pada varietas jagung Canggal, sedangkan nilai terendah adalah 3,19, yaitu pada jagung Pioneer. Semakin tinggi nilai rata-rata yang dihasilkan maka *aftertaste* produk pangan darurat semakin terasa pahit, produk yang memiliki nilai rata-rata *aftertaste* tinggi tidak disukai penelis.



Gambar 32. After taste pangan darurat dari tepung jagung-kedelai yang dipengaruhi varietas jagung

Pangan darurat dari tepung jagung-tempe memiliki karakter yang hampir sama dengan formula jagung-kedelai. Varietas jagung berpengaruh nyata terhadap *aftertaste* (rasa pahit) pangan darurat, sedangkan jenis humektan dan keduanya tidak berpengaruh nyata. Gambar 33 menunjukkan *aftertaste* tertinggi pada jagung pahit pangan darurat adalah 3,46 dihasilkan dari jagung Canggal sedangkan nilai rata-rata terendah adalah 3,187 dihasilkan dari jagung Pioneer.



Gambar 33. Hasil After taste pangan darurat dari tepung jagung-tempe yang dipengaruhi varietas jagung

Pangan darurat terpilih yang memenuhi syarat nutrisi dan dapat diterima secara sensoris yaitu J2H1 formulasi produk pangan darurat dengan komposisi formula per bar berupa tepung jagung Canggal dan tepung tempe. Hal ini didasarkan penilaian rata-rata panelis terhadap kesukaan, rasa dan kemudahan ditelan pada produk yang disajikan berturut-turut sebesar 2.72, 2.5 dan 2.547 sedangkan nilai uji atribut *aftertaste* pahit rata-rata sebesar 3.46 yaitu agak pahit hampir sama dengan ketiga produk formula lainnya. Oleh karena itu produk J2H1 merupakan produk yang akan dianalisis lebih lanjut yaitu analisis mikrobiologis berupa perhitungan total mikroba dan total kapang khamir. Hasil analisis proksimat tersaji pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil analisis proksimat formulasi produk pangan darurat terpilih

Keterangan	J2H1
Kadar air (% b.k)	51,55%
Kadar abu (% b.k)	0,56%
Kadar protein (% b.k)	7,10%
Kadar lemak (% b.k)	22,59%
Kadar karbohidrat (% b.k)	62,43%
Total energy per bar (kkal)	240,71

Kadar air pangan darurat sebesar 51.55% , kadar abu 0,56%, kadar protein 7,1 % atau 3.55 gram per bar, kadar lemak sebesar 22.59 % atau 11.29 gram per bar dan kadar karbohidrat *by difference* 62.43% atau 31.21 gram per bar. Jumlah energy yang dihasilkan dari pangan darurat ini sebesar 240.71 kkal/bar. Hasil ini memenuhi target kebutuhan kalori harian untuk pangan darurat sebesar 233 kkal/bar. Oleh karena itu untuk menghasilkan 2100 kkal/bar per hari, maka produk pangan darurat harus dikonsumsi sebanyak 9-10 bar.

Total Mikroba dan Kapang

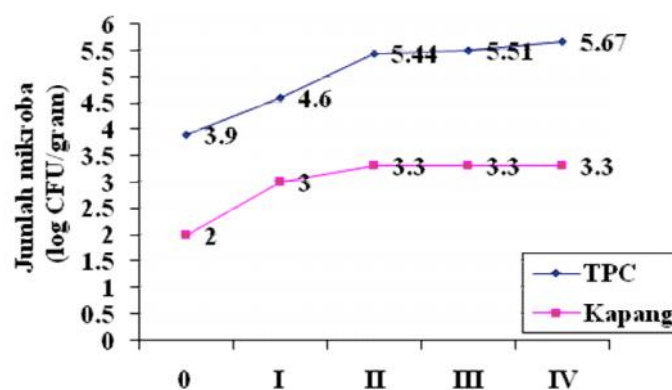
Pengujian mikrobiologis dilakukan terhadap pangan darurat untuk menjaga keamanan produk yang merupakan salah satu karakteristik utama produk pangan darurat (Zoumas *et al.*, 2002). Analisis kestabilan mikrobiologis produk terpilih dilakukan dengan menyimpan produk didalam alumunium foil sebagaimana penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Setyaningtyas (2008) bahwa pemilihan kemasan dikarenakan alumunium foil mempunyai permeabilitas uap air yang rendah. Produk terpilih disimpan hingga empat minggu untuk diambil contoh produk setiap minggunya, kemudian dilakukan analisis total mikroba dan kapang.

Analisis mikrobiologi yang dilakukan menggunakan metode hitung cawan dengan cara metode tuang. Menurut Fardiaz (1989), prinsip hitung cawan dapat digunakan untuk menghitung jumlah mikroba. Pengujian dilakukan dengan menggunakan media *Potato Dextrose Agar* (PDA) untuk mengetahui total mikroorganisme dan media *Malt Extract Agar* (MEA) untuk mengetahui total kapang. Hasil analisis mikrobiologis selama empat minggu dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil analisis mikrobiologi produk terpilih selama empat minggu

Minggu	Jumlah (koloni/gram)	
	Kapang	Mikroba
0	1.00×10^2	7.94×10^3
1	1.00×10^3	3.98×10^4
2	1.99×10^3	2.75×10^5
3	1.99×10^3	3.23×10^5
4	1.99×10^3	4.67×10^5

Total mikroba pada minggu ke-0 dan $7,94 \times 10^3$ CFU/gram. Setelah perhitungan selama 4 minggu pertumbuhan total mikroba mengalami kenaikan yang tinggi menjadi $4,67 \times 10^5$ log CFU/gram (Gambar 34). Hasil analisis total mikroba pada minggu pertama dan kedua masih aman bila dikonsumsi, akan tetapi menurut pengamatan secara organoleptik oleh peneliti produk tersebut sudah tidak layak dikonsumsi karena sudah mengalami perubahan rasa dan bau yang kurang enak. Menurut Arpah (2001), yang menyatakan bahwa pertumbuhan mikroba pada produk dapat menyebabkan perubahan organoleptik maupun penurunan nilai gizi dan bahkan dapat menyebabkan keracunan serta kematian. Pertumbuhan mikroba pada bahan pangan dipengaruhi oleh faktor intrinsik maupun faktor ekstrinsik. Faktor intrinsik meliputi pH, aw, Eh, kandungan nutrisi, struktur biologis serta kandungan bahan anti mikroba sedangkan faktor ekstrinsik dipengaruhi oleh temperatur penyimpanan, kelembaban relative (RH), jenis dan jumlah gas pada lingkungan.



Gambar 34. Pertumbuhan total mikroba dan kapang selama empat minggu pada produk

Salah satu keuntungan pangan darurat teknologi IMF adalah pertumbuhan bakteri tidak terjadi pada a_w dibawah 0,85. Hasil analisis a_w pada produk terbaik perlakuan tepung jagung lokal dan kacang merah (J2H1) ini didapatkan sebesar 0,95. A_w produk ini tergolong tinggi, sehingga masih ada kemungkinan tumbuhnya bakteri *Lactobacillus* karena nilai a_w minimal untuk pertumbuhan bakteri *Lactobacillus* adalah 0,90 (Leistner dan Rodel, 1976).

G. KARAKTERISTIK PRODUK SELAMA PENYIMPANAN

Pangan darurat yang dihasilkan dikemas menggunakan tiga jenis bahan pengemas, yaitu polipropilen, aluminium foil dan low density polietilene. Produk dianalisa hari ke 0, 3, 6 dan 9. Ringkasan data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Ringkasan hasil analisa zat gizi pangan darurat yang dipengaruhi jenis humektan, pengemas dan waktu penyimpanan

Produk	Kadar Air (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Abu (%)	Karbohidrat (%)
H1K1D1	15.685	17.020	15.450	1.290	50.555
H1K1D2	17.100	17.910	20.195	1.785	43.010
H1K1D3	15.885	15.760	19.935	2.340	46.080
H1K2D1	13.890	15.620	18.315	1.700	50.295
H1K2D2	18.560	18.650	19.085	1.975	41.730
H1K2D3	15.110	15.690	18.205	3.230	45.010
H1K3D1	14.265	17.325	18.685	1.720	48.005
H1K3D2	15.890	17.515	20.530	1.890	44.175

H1K3D3	14.645	15.535	18.460	2.085	49.275
H2K1D1	11.965	13.305	23.700	2.110	48.920
H2K1D2	21.855	17.590	20.160	1.755	38.640
H2K1D3	17.970	14.065	17.625	2.310	48.030
H2K2D1	14.415	15.300	20.970	1.895	47.420
H2K2D2	18.580	16.150	19.370	1.665	44.235
H2K2D3	15.755	14.715	19.155	2.360	35.430
H2K3D1	12.855	15.640	23.585	1.650	46.270
H2K3D2	18.945	16.005	18.815	1.290	44.945
H2K3D3	13.130	14.900	19.680	2.580	49.710

Kadar air

Air merupakan parameter penting yang menentukan umur simpan bahan pangan. Salah satu syarat pangan darurat adalah kemudahannya untuk ditelan sehingga kadar airnya cukup tinggi yang berbentuk pangan semi basah. Untuk menghambat aktivitas mikroorganisme, maka pangan darurat tersebut diturunkan aktivitas airnya menggunakan humektan, yaitu sorbitol dan gliserol.

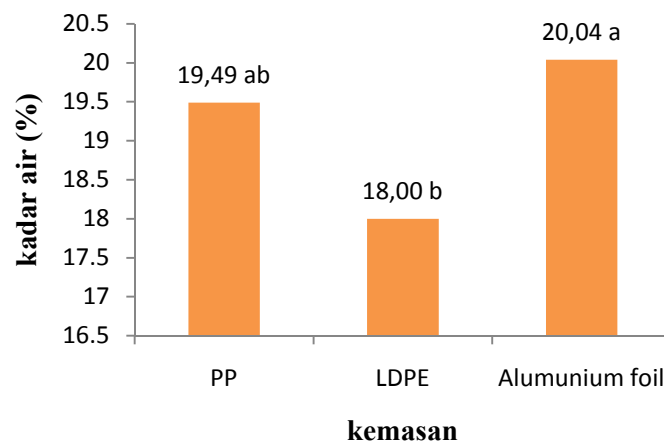
Jenis humektan, kemasan, masa simpan dan interaksi ketiganya memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air pangan darurat. Penambahan jenis humektan berupa sorbitol menghasilkan kadar air lebih tinggi yaitu 21,94 % dibandingkan dengan gliserol yaitu sebesar 16,42 %. Hal tersebut diduga karena gliserol merupakan humektan yang lebih efektif dibandingkan dengan senyawa diol dan turunannya (Karel, 1976). Gliserol monostearat merupakan emulsifier buatan yang tersusun dari radikal asam stearat sebagai gugus non polar dan polar dan mempunyai dua gugus hidroksil dari gliserol sebagai gugus polar (Winarno *et al.*, 1986). Hal ini diperkuat oleh pernyataan Purnomo (1994), bahwa peningkatan

daya serap air oleh gliserol disebabkan adanya kemampuan pengikatan air oleh gugus polar (hidrofilik) yang dimilikinya. Hal ini didukung oleh Mustika (2006) yang menyebutkan bahwa penambahan sorbitol dapat membuat kadar air semakin tinggi, karena air bebas yang terdapat dalam bahan diikat oleh sorbitol sehingga hanya sedikit air yang diuapkan pada saat pengolahan.

Hasil penelitian Dinayati (2013) juga menunjukkan hal yang sama yaitu kadar air pangan darurat menggunakan sorbitol lebih tinggi dibanding dengan menggunakan gliserol yaitu sorbitol sebesar 51,21 % dan gliserol sebesar 50,11%. Penelitian Atmaka *et al.* (2013) juga menunjukkan adanya penurunan kadar air pada penambahan gliserol terhadap produk getuk ubi jalar ungu. Menurut Trenggono (1990), sorbitol berperan ganda sebagai penghambat jamur dan humektan yang plastis untuk tekstur maupun membantu menaikkan kadar zat padat terlarut dalam fase cair.

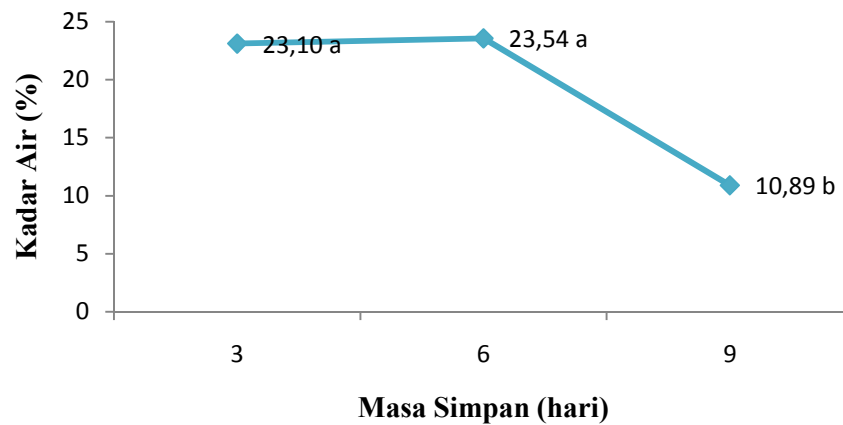
. Penggunaan kemasan aluminium foil menunjukkan kadar air tertinggi sebesar 20,04 %. Penggunaan kemasan LDPE menghasilkan kadar air lebih rendah dibandingkan penggunaan kemasan PP dan aluminium foil yaitu sebesar 18,00 % (Gambar 35). Perubahan kadar air bahan di dalam kemasan dipengaruhi oleh permeabilitas kemasan. Kemampuan permeabilitas tiap kemasan berbeda-beda dan akan berpengaruh terhadap laju transmisi uap air. Semakin rendah laju transmisi uap air suatu kemasan, semakin sedikit jumlah uap air yang mampu menembus kemasan (Sembiring, 2012). Hal tersebut selaras dengan pernyataan Hutomo (1997) dalam penelitiannya yang menyebutkan permeabilitas kemasan LDPE lebih besar dibanding kemasan PP. Menurut Gunasoraya (2001),

permeabilitas uap air kemasan adalah kemampuan uap air untuk menembus suatu kemasan pada kondisi suhu dan kelembaban tertentu, sehingga semakin kecil permeabilitas air kemasan maka daya tembus uap air semakin kecil, begitu pula sebaliknya.



Gambar 35. Kadar air pangan darurat pada berbagai jenis kemasan.

Penyimpanan selama enam hari cenderung meningkatkan kadar air pangan darurat. Selanjutnya, setelah sembilan hari penyimpanan, kadar air cenderung menurun, mungkin disebabkan menguapnya air dari dalam bahan (Gambar 36). Kadar air tertinggi pada perlakuan S2 (hari ke 6) yaitu sebesar 23,54 % dan terendah S3 (hari ke 9) sebesar 10,89 %. Selama masa penyimpanan sampai 9 hari, kadar air produk pangan darurat mengalami penurunan. Sebagaimana hasil penelitian Nur (2009) yang menyebutkan penurunan kadar air selama masa penyimpanan disebabkan protein myofibril yang berperan dalam penggumpalan dan pembentukan gel sehingga tekstur menjadi semakin kompak, selain itu juga telah terjadi perpindahan uap air dari bahan ke lingkungan.



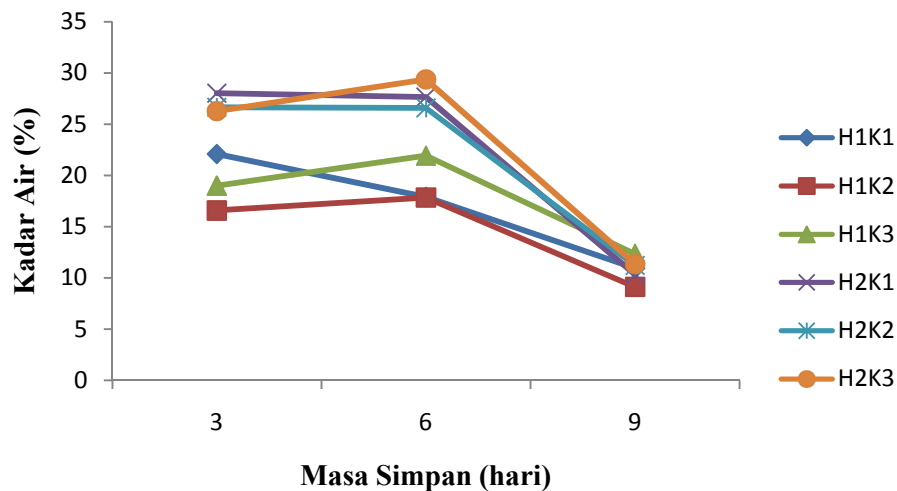
Gambar 36. Kadar air pangan darurat pada berbagai masa simpan.

Penurunan kadar air pada kemasan PP terjadi pada hari ke 9 dan pada kemasan LDPE terjadi pada hari ke 12, hal tersebut disebabkan oleh terjadinya proses penguraian protein menjadi komponen yang sederhana dan diikuti terlepasnya air terikat menjadi air bebas oleh mikroba. Mikroba diketahui dapat menyebabkan terurainya struktur protein pada bahan pangan sehingga menyebabkan terlepasnya air terikat (Winarno dan Betty, 1983).

Serupa dengan hasil penelitian Soegiarto *et al.* (2013) yang menyebutkan terjadi bahwa kecenderungan adanya penurunan kadar air pada bahan pangan. Perubahan udara di sekitar ruang penyimpanan akan mengakibatkan terjadinya penguapan air dalam kemasan. Bila kelembaban udara di sekitar ruang penyimpanan lebih kecil daripada kelembaban udara produk, maka dapat terjadi pengurangan kadar air.

Kadar air pada interaksi seluruh perlakuan (Gambar 37) dengan kadar air terendah pada perlakuan H1K2S3 (gliserol kemasan LDPE selama 9 hari penyimpanan) sebesar 9,14 % dan tertinggi sebesar 29,35 % pada perlakuan H2K3S2 (sorbitol kemasan aluminium foil selama 6 hari penyimpanan). Hasil

tersebut menunjukkan adanya pengaruh yang sesuai antara perlakuan penambahan humektan, kemasan dan masa simpan terhadap kadar air pangan darurat.



Gambar 37. Pengaruh interaksi humektan, kemasan dan masa simpan terhadap kadar air pangan darurat.

Kadar protein

Semua perlakuan yang diberikan baik itu humektan (H), kemasan (K), masa simpan (S), kombinasi humektan dan kemasan (HK) maupun interaksi semua perlakuan (HxKxS) tidak berpengaruh nyata terhadap kadar protein pangan darurat. Kombinasi perlakuan humektan dan kemasan yang menghasilkan nilai kadar protein tertinggi yaitu pada H1K3 (gliserol dan aluminium foil) yaitu sebesar 14,82 % dan yang terendah pada H1K1 (gliserol dan PP) sebesar 13,62 %. Penggunaan gliserol menghasilkan nilai rata-rata kadar protein yang lebih tinggi dibanding penggunaan sorbitol yaitu sebesar 14,26 %, sementara penggunaan sorbitol sebagai humektan menghasilkan nilai rata-rata kadar protein sebesar 13,72 %. Kadar protein selama penyimpanan naik pada hari ke 6 dan menurun pada penyimpanan hari ke 9.

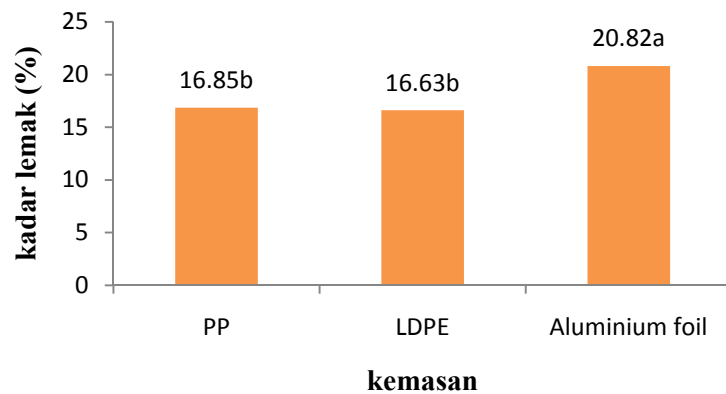
Selama penyimpanan terlihat kecenderungan penurunan kadar protein sesuai dengan lamanya waktu (Hutomo, 1997). Berkurangnya kadar protein tersebut terjadi karena adanya mikroba yang secara aktif melakukan penetrasi dalam produk dan mendegradasi protein yang ada. Selain itu, juga dapat disebabkan oleh rusaknya protein tersebut akibat penyimpanan. Menurut Suhelmi (2007), protein dapat mengalami kerusakan oleh pengaruh-pengaruh panas, reaksi kimia dengan asam atau basa, mikroba dan sebab lainnya.

Interaksi perlakuan humektan, kemasan dan masa simpan dengan nilai kadar protein tertinggi pada perlakuan H1K3S2 (gliserol, aluminium foil selama penyimpanan 6 hari) yaitu sebesar 16,35 % sedangkan yang terendah pada kombinasi perlakuan H1K1S3 (gliserol, PP selama penyimpanan 9 hari) sebesar 12,46 %. Sumber protein berasal dari tepung tempe, selain itu juga dari susu bubuk *full cream*. Seluruh perlakuan menggunakan jumlah tepung tempe maupun susu bubuk *full cream* yang sama banyaknya dan seluruhnya mengalami proses pemanggangan selama 15 menit dengan suhu 120°C. Hal tersebut diduga yang menyebabkan tidak adanya pengaruh yang nyata pada kadar protein pangan darurat ini. Penelitian Hutomo (1997) menyebutkan laju penurunan kadar protein tanpa kemasan lebih cepat dibandingkan yang terdapat dalam kemasan plastik khususnya plastik dengan permeabilitas yang rendah.

Kadar lemak

Lemak dan minyak merupakan sumber energi yang lebih efektif dibandingkan dengan karbohidrat dan protein. Sumbangan energi per gram lemak, protein, dan karbohidrat masing-masing 9, 4, dan 4 kkal (Nuraningsih, 2005).

Kemasan serta interaksi humektan, kemasan dan masa simpan berpengaruh nyata terhadap kadar lemak pangan darurat. Penggunaan kemasan aluminium foil (K3) menghasilkan nilai rata-rata kadar lemak tertinggi yaitu sebesar 20,82 % dan kemasan LDPE (K2) dengan nilai rata-rata kadar lemak terendah yaitu sebesar 16,63 %. (Gambar 38)

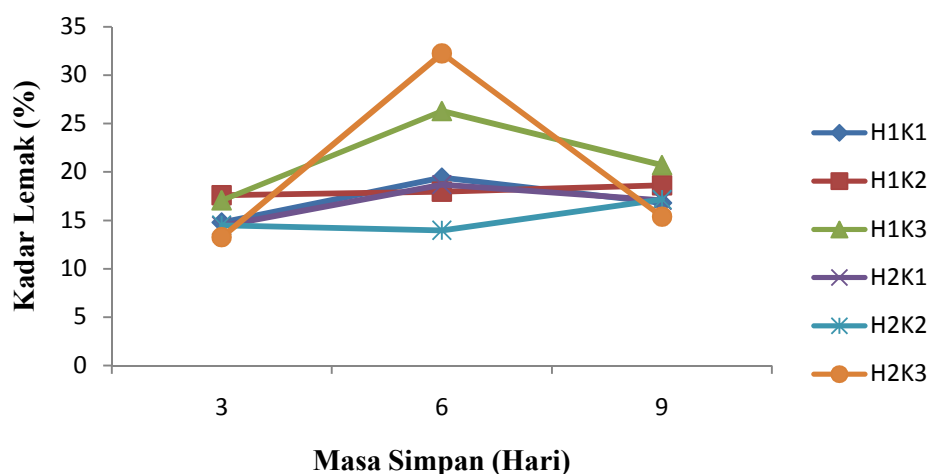


Gambar 38. Kadar lemak pangan darurat pada berbagai jenis kemasan.

Menurut Sembiring dan Tatang (2012), kemasan aluminium foil memiliki nilai densitas lebih besar dari pada PP dan LDPE, semakin besar nilai densitas bahan semakin kecil permeabilitas bahan terhadap gas dan uap air. Laju transmisi gas oksigen dan laju transmisi uap air kemasan aluminium foil bernilai paling rendah sehingga kemasan ini mampu melindungi produk dari proses oksidasi. Selain itu, Robertus (2006) juga menyatakan bahwa untuk meminimalkan terjadinya oksidasi pada produk pangan yang mengandung lemak dipilih kemasan berlapis aluminium foil.

. Interaksi seluruh perlakuan yang menghasilkan kadar lemak tertinggi yaitu pada perlakuan H2K3S2 (sorbitol, aluminium foil selama masa simpan 6 hari) sebesar 32,24 % dan terendah pada kombinasi perlakuan H2K3S1 (sorbitol,

aluminium foil selama masa simpan 3 hari) sebesar 13,25 % (Gambar 39). Meningkatnya kadar lemak selama masa penyimpanan diduga karena terjadinya penurunan kadar air selama masa penyimpanan. Aris (2008) menyatakan bahwa terjadinya penurunan kadar air akan mengakibatkan peningkatan kadar lemak. Penurunan kadar lemak selama penyimpanan dapat disebabkan oleh proses penguapan. Terjadinya penguapan air selama penyimpanan mengakibatkan kehilangan lemak yang disebabkan oleh proses oksidasi. Kemasan yang memiliki laju transmisi oksigen paling kecil adalah aluminium foil sehingga dapat menekan proses oksidasi yang dapat mengurangi kadar lemak (Sembiring dan Tatang, 2012).

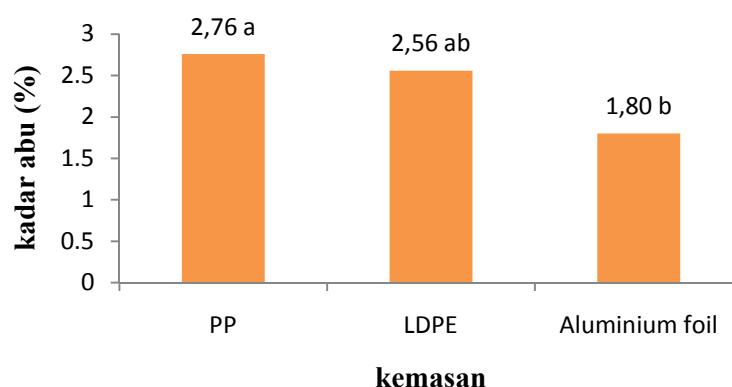


Gambar 39. Pengaruh interaksi humektan, kemasan dan masa simpan terhadap kadar lemak pangan darurat.

Kadar abu

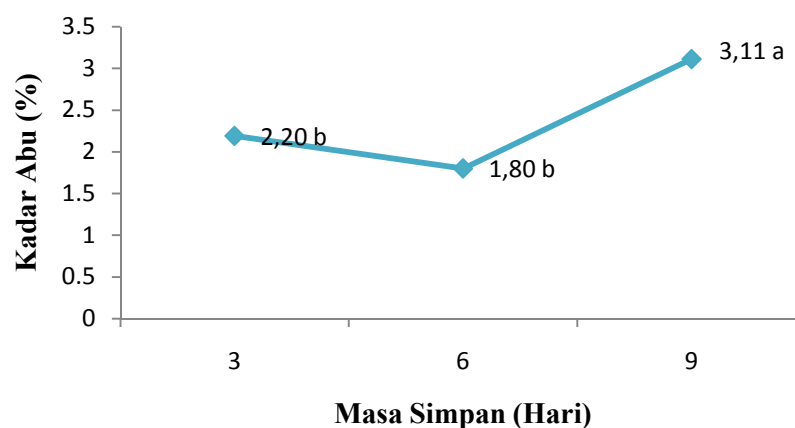
Kemasan, masa simpan, kombinasi humektan dan kemasan serta interaksi humektan, kemasan dan masa simpan berpengaruh nyata terhadap kadar abu pangan darurat selama penyimpanan. Penggunaan kemasan PP (K1) menghasilkan

nilai rata-rata kadar abu tertinggi yaitu sebesar 2,76 % sedangkan penggunaan aluminium foil (K3) menghasilkan nilai rata-rata kadar abu terendah yaitu sebesar 1,80 % (Gambar 40). Hal tersebut diduga berkaitan dengan sifat permeabilitas dari kemasan. PP memiliki permeabilitas yang lebih besar dan menyebabkan kadar air lebih banyak berkurang sehingga kadar abu meningkat selama masa penyimpanan. Jenis kemasan aluminium foil memiliki ketahanan yang tinggi terhadap gas dan uap air serta memiliki ketahanan terhadap sinar ultra violet. Menurut Esti dan Eny (2007) kemasan aluminium foil memiliki sifat perlindungan terhadap air lebih baik dari jenis kemasan *polyetilen*.



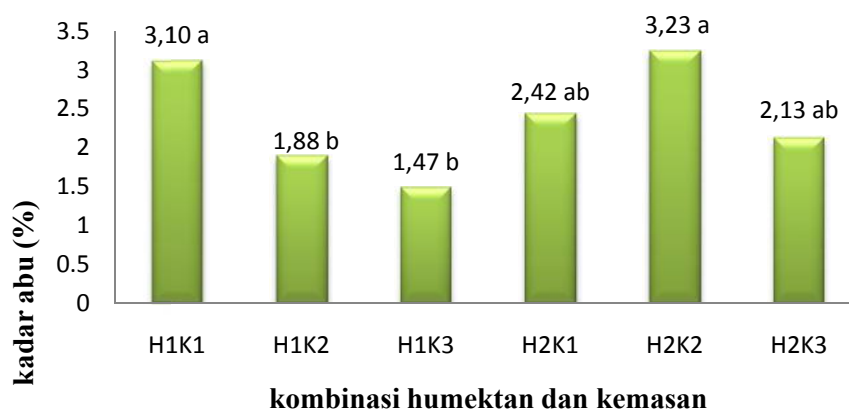
Gambar 40. Kadar abu pangan darurat pada berbagai jenis kemasan

Kadar abu pada masa simpan S3 (hari ke 9) memiliki nilai paling besar yaitu 3,11 %, sedangkan pada hari ke 6 (S2) memiliki nilai kadar abu terendah sebesar 1,80 % (Gambar 41). Meningkatnya kadar abu diduga karena terjadi penurunan kadar air selama masa penyimpanan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Susilawati dan Putri (2011) dalam penelitiannya bahwa kadar abu yang meningkat dikarenakan peningkatan berat produk yang disebabkan peningkatan kadar air pada produk pangan.



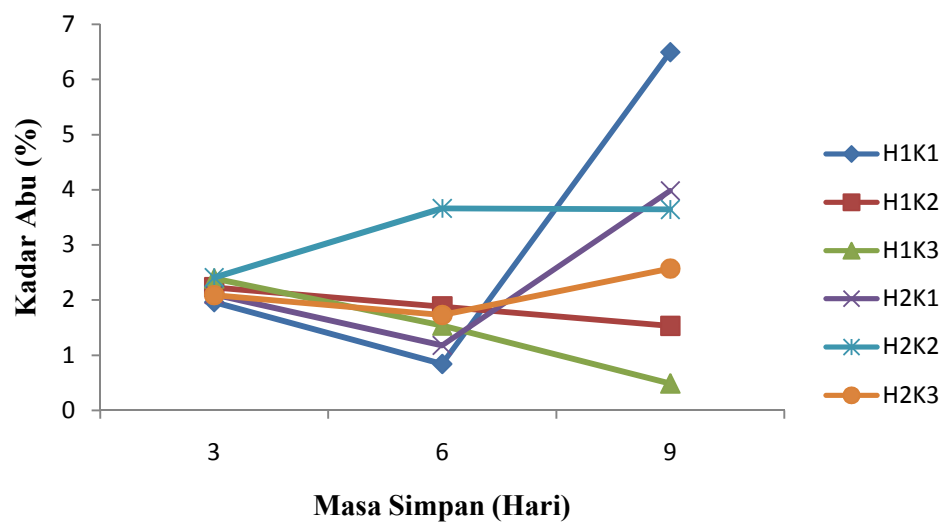
Gambar 41. Kadar abu pangan darurat pada berbagai masa simpan.

Kadar abu tertinggi pada interaksi H2K2 yaitu sorbitol dan kemasan LDPE sebesar 3,23 %, sedangkan kadar abu terendah pada interaksi H1K3 yaitu gliserol dan kemasan aluminium foil sebesar 1,47 % (Gambar 42). Kemasan LDPE memiliki permeabilitas yang besar dan kemampuan mengikat air yang dimiliki sorbitol lebih kecil daripada gliserol sehingga kadar abu lebih besar daripada penggunaan kemasan aluminium foil dan gliserol sebagai humektan.



Gambar 42. Kadar abu pangan darurat pada berbagai perlakuan humektan dan kemasan.

Kadar abu pada interaksi seluruh perlakuan (Gambar 43) dengan kadar abu tertinggi pada interaksi perlakuan H1K1S3 (gliserol kemasan PP selama penyimpanan 9 hari) sebesar 6,49 % dan terendah pada interaksi perlakuan H1K3S3 (gliserol kemasan aluminium foil selama penyimpanan 9 hari) sebesar 0,49 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan kadar abu sebagian besar dipengaruhi oleh penggunaan jenis kemasan dan lamanya masa penyimpanan.



Gambar 43. Pengaruh kombinasi perlakuan interaksi humektan dan kemasan dengan masa simpan terhadap kadar abu pangan darurat.

Total mikroba dan kapang-khamir

Perhitungan total mikroba dan kapang khamir dilakukan pada pangan darurat untuk menjaga keamanan produk. Analisis mikroba yang dilakukan dengan menggunakan metode hitung cawan dengan cara metode tuang. Prinsip hitung cawan dapat digunakan untuk menghitung jumlah mikroba (Fardiaz, 1989). Pengujian dilakukan dengan menggunakan media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

untuk mengetahui total mikroba dan media *Malt Extract Agar* (MEA) untuk mengetahui total kapang khamir.

Berdasarkan perhitungan total mikroba dan kapang khamir, diperoleh total mikroba kombinasi terbaik H2K3S3 (sorbitol, aluminium foil, penyimpanan 9 hari) sebesar $1,05 \times 10^2$ koloni/g (Tabel 19). Total kapang khamir dengan kombinasi terbaik pada H1K3S2 (gliserol, aluminium foil, penyimpanan 6 hari) sebesar $3,90 \times 10^2$ koloni/g. Berdasarkan SNI 01-4291-1996 tentang produk isian bakpia pathuk dengan nilai maksimal total mikroba 10^4 dan total kapang 10^3 dan SNI 01-4325-1996 tentang produk yangko, maka pangan darurat termasuk layak konsumsi karena bentuk produk berupa IMF sama halnya dengan produk bakpia pathuk dan yangko.

Pertumbuhan mikroba pada bahan pangan dipengaruhi oleh faktor intrinsik maupun faktor ekstrinsik. Faktor intrinsik meliputi pH, a_w , kandungan gizi, struktur biologis serta kandungan bahan anti mikroba. Faktor ekstrinsik meliputi temperatur penyimpanan, kelembaban relatif, jenis dan jumlah gas pada lingkungan. Menurut Musa *et al.* (2013) waktu penyimpanan dimanfaatkan mikroba untuk berkembang biak, terutama bila didukung media kaya nutrisi seperti protein dan air. Media tersebut digunakan mikroba untuk pertumbuhan.

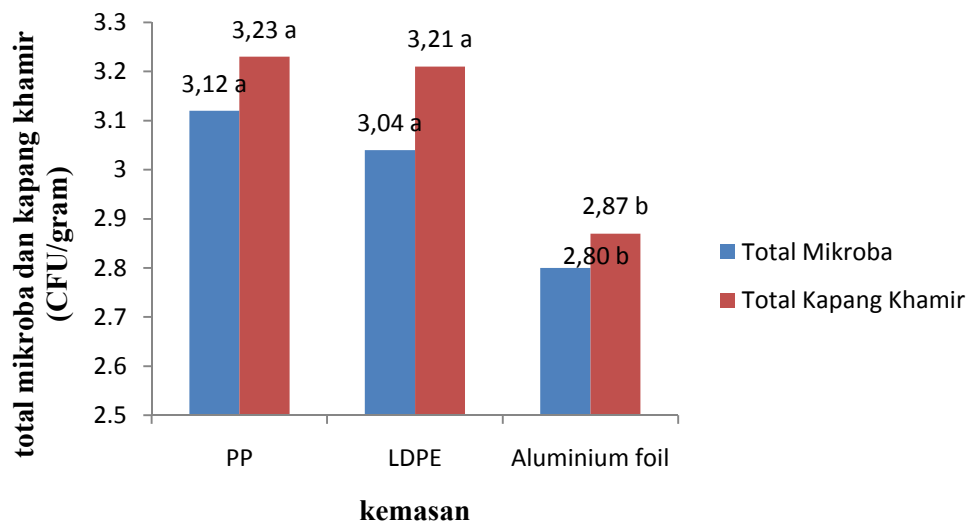
Tabel 19. Hasil analisis mikrobiologi pangan darurat selama penyimpanan

Kode Produk	Jumlah (koloni/g)	
	Mikroba	Kapang
H1K1S1	1.68×10^3	1.13×10^2
H1K2S1	2.20×10^3	1.56×10^2
H1K3S1	7.60×10^2	6.30×10
H2K1S1	5.10×10^2	1.60×10^2
H2K2S1	6.95×10^2	1.93×10^2
H2K3S1	1.09×10^3	8.00×10^1
H1K1S2	1.64×10^3	2.05×10^2
H1K2S2	1.32×10^3	1.40×10^2
H1K3S2	5.00×10^2	3.90×10^2
H2K1S2	1.19×10^3	2.37×10^2
H2K2S2	1.86×10^3	1.41×10^2
H2K3S2	2.26×10^3	1.56×10^2
H1K1S3	2.27×10^3	1.43×10^2
H1K2S3	9.50×10^2	1.60×10^2
H1K3S3	1.12×10^3	1.34×10^2
H2K1S3	1.70×10^3	2.20×10^2
H2K2S3	9.55×10^2	2.11×10^2
H2K3S3	1.05×10^2	6.00×10^1

Jenis kemasan berpengaruh nyata terhadap total mikroba dan kapang khamir. Sedangkan interaksi humektan, kemasan dan masa simpan berpengaruh

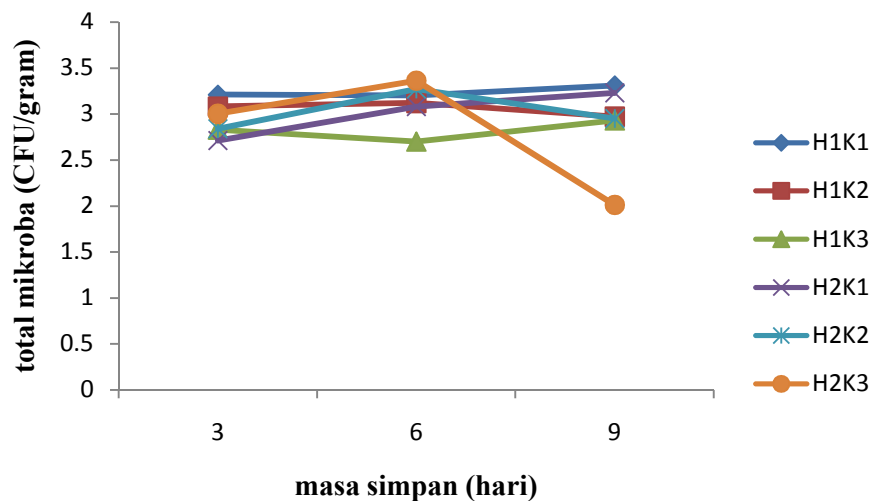
nyata terhadap total mikroba saja, tidak berpengaruh nyata pada total kapang khamir.

Total mikroba tertinggi pada perlakuan kemasan PP sebesar 3,12 CFU/g dan terendah pada perlakuan kemasan aluminium foil sebesar 2,80 CFU/g. Total kapang khamir tertinggi pada perlakuan kemasan PP sebesar 3,23 CFU/g dan terendah pada perlakuan kemasan aluminium foil sebesar 2,87 CFU/g. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan oksigen dan air di dalam produk pangan dan perbedaan sifat permeabilitas bahan pengemas (Nur, 2009). Hasil penelitian dapat dilihat bahwa pangan yang dikemas polipropilen mempunyai total mikroba dan kapang khamir tertinggi karena mempunyai permeabilitas terhadap gas dan uap air yang lebih besar daripada aluminium foil sehingga daya penetrasi gas oksigen dan uap air lebih besar hal tersebut menjadikan mikroba tumbuh dan berkembang lebih cepat pada perlakuan tersebut (Susilawati dan Putri, 2011)



Gambar 44. Pengaruh jenis kemasan terhadap total mikroba dan kapang khamir.

Total mikroba tertinggi berdasarkan pengaruh interaksi seluruh perlakuan sebesar 3,35 CFU/g dengan interaksi perlakuan H2K3S2 (sorbitol dengan kemasan aluminium foil selama masa simpan 6 hari) dan jumlah terendah sebesar 2,01 CFU/g dengan interaksi perlakuan H2K3S3 (sorbitol kemasan aluminium foil selama masa simpan 9 hari) (Gambar 45). Menurut Hutomo (1997), penurunan total mikroba kemungkinan disebabkan terbatasnya jumlah oksigen dalam kemasan.

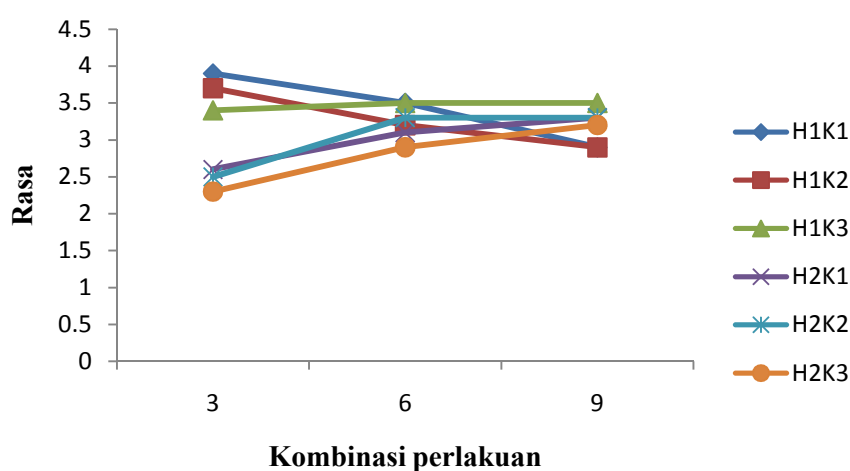


Gambar 45. Pengaruh interaksi humektan, kemasan dan masa simpan terhadap total mikroba pangan darurat.

Rasa

Kombinasi perlakuan interaksi humektan dan kemasan dengan masa simpan berpengaruh nyata terhadap rasa pangan darurat. Penambahan gliserol menghasilkan nilai rata-rata pada atribut rasa sebesar 3,39 sementara sorbitol 2,94 (Gambar 46). Tingkat kemanisan gliserol adalah 0,75 kali sukrosa (Lindsay, 1985 dalam Fennema, 1996). Sorbitol memiliki tingkat kemanisan sekitar 0,60 kali dari

tingkat kemanisan sukrosa. Sorbitol mempunyai sifat *non-cariogenic* dan berguna bagi penderita diabetes (Luthana, 2009). Hal tersebut menjadikan produk dengan penambahan gliserol memiliki rasa lebih enak menurut panelis karena lebih manis dan tekstur yang lebih baik. Gliserol berperan sebagai *plasticizer* untuk mengurangi daya tarik intermolekuler rantai polimer protein sehingga mengurangi sifat mudah retak dan memperbaiki tekstur (Umam *et al.*, 2010).

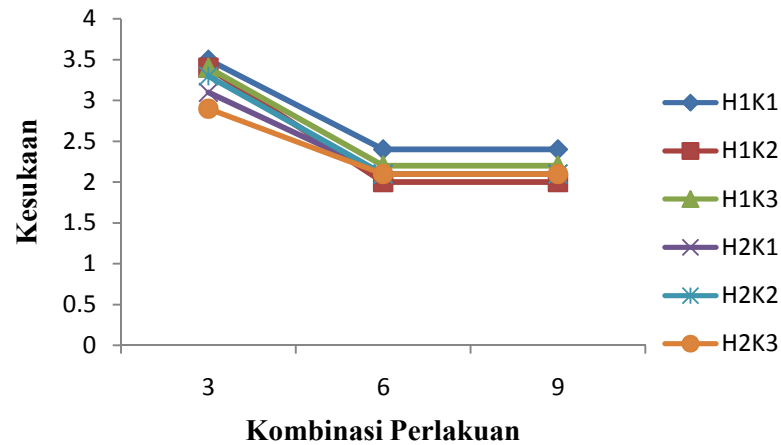


Gambar 46. Nilai rasa pangan darurat pada kombinasi perlakuan interaksi humektan dan kemasan dengan masa simpan.

Kesukaan

Kombinasi perlakuan interaksi humektan dan kemasan dengan masa simpan berpengaruh nyata terhadap kesukaan pangan darurat. Kesukaan pangan darurat tertinggi dimiliki oleh kombinasi H1K1S1 yaitu penyimpanan selama 3 hari, dengan penambahan gliserol dan kemasan PP yaitu 3,5 (suka) (Gambar 47). Kesukaan terendah adalah 2,0 (agak suka) dihasilkan dari kombinasi perlakuan H1K2S2 (masa simpan 6 hari dengan penambahan gliserol dan kemasan LDPE)

dan H1K3S3 (masa simpan 9 hari dengan penambahan gliserol dan kemasan aluminium foil).



Gambar 47. Kesukaan pangan darurat pada kombinasi perlakuan interaksi humektan dan kemasan dengan masa simpan.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan semakin lama masa penyimpanan maka kadar kesukaan terhadap produk akan semakin menurun. Hal tersebut diduga karena terjadinya penurunan kadar air sehingga produk semakin semakin sulit untuk ditelan sehingga tingkat kesukaan panelis menurun.

H. PEMBAHASAN UMUM

di antara ketiga kemasan yang digunakan yaitu polipropilen (PP), *low density polipropilen* (LDPE) dan aluminium foil memberikan perbedaan yang nyata terhadap kualitas pangan darurat. Hal tersebut dikarenakan ketiga jenis pengemas tersebut memiliki permeabilitas yang berbeda. Polipropilen (PP) merupakan jenis plastik yang biasanya memiliki ciri-ciri transparan tetapi tidak jernih atau berawan, keras tetapi fleksibel, kuat, permukaan berkilau, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 140°C. LDPE

memiliki sifat fisik dan mekanik yang bagus, titik leleh yang tinggi, transparan, serta mempunyai kededapan yang cukup bagus membuat plastik ini sering dipergunakan untuk kemasan makanan. Aluminium foil mempunyai sifat kedap air yang baik, permukaannya dapat memantulkan cahaya sehingga penampilannya menarik, permukaannya licin, dapat dibentuk sesuai dengan keinginan dan mudah dilipat, tidak dipengaruhi oleh sinar, tahan terhadap temperatur tinggi sampai di atas 290°C.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua pangan darurat berbasis tepung jagung dan tepung tempe yang disimpan selama 3 hari, 6 hari dan 9 hari layak untuk dikonsumsi dan memenuhi SNI. Oleh karena itu, dipilih salah satu perlakuan terbaik berdasarkan jenis kemasan (K) dan humektan (H) yang disimpan pada masa simpan tertentu (S). Berdasarkan analisis kimia, mikroba dan sensori, kombinasi perlakuan terbaik yaitu kombinasi kemasan aluminium foil dengan gliserol pada masa simpan 9 hari (H1K3S3). Hasil analisis pangan darurat terbaik disajikan pada Tabel 20.

Tabel 20. Hasil analisis pangan darurat terbaik

Keterangan	Hasil analisis
Kadar Air (% bb)	12,35
Kadar Abu (% bk)	0,49
Kadar Protein (% bk)	14,42
Kadar Lemak (%bk)	20,71
Uji mikrobiologi (koloni/g)	
a. Mikroba	$1,12 \times 10^3$
b. Kapang – khamir	$1,34 \times 10^2$
Hasil organoleptik	
a. Rasa	3,5 (enak)
b. Kesukaan	2,2 (agak suka)

Pangan darurat berbasis tepung jagung dan tepung tempe masih memenuhi persyaratan SNI secara mikrobiologis sampai 9 hari penyimpanan. Meskipun pada hari ke 9 tingkat kesukaan konsumen secara karakteristik sensoris sudah menurun, namun pangan darurat ini masih dianggap aman untuk dikonsumsi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Formulasi produk pangan darurat yang terbaik didapatkan dari dengan komposisi formula tepung jagung Lokal 40%, tepung tempe 18%, susu bubuk *full cream* 12%, gula halus 18% dan minyak goreng 12%. Penambahan air sebanyak 47.3 gram dan sorbitol 5% atau sebanyak 2.5 gram.
2. Formula tersebut mengandung kadar protein 7,1 % atau 3.55 gram per bar, kadar lemak sebesar 22.59 % atau 11.29 gram per bar dan kadar karbohidrat *by difference* 62.43% atau 31.21 gram per bar. Jumlah energy yang dihasilkan dari pangan darurat ini sebesar 240.71 kkal/bar. Hasil ini memenuhi target kebutuhan kalori harian untuk pangan darurat sebesar 233 kkal/bar. Oleh karena itu untuk menghasilkan 2100 kkal/bar per hari, maka produk pangan darurat harus dikonsumsi sebanyak 9-10 bar
3. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung instan mempunyai bentuk kurva *isotherm sigmoid* (tipe II) pada keempat varietas tepung jagung. Kurva ISA tepung jagung berdasar percobaan mendekati prediksi model GAB hampir pada semua aktivitas air. Model BET lebih tepat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer (air terikat primer) pada tepung jagung instan, dan nilai air terikat primer pada tepung jagung instan sebesar 3,300 sampai 3,690 persen.
4. Kombinasi perlakuan jenis kemasan dan humektan pada masa simpan tertentu pangan darurat yang terbaik adalah kombinasi kemasan kemasan

aluminium foil dan gliserol pada masa simpan 9 hari dengan kadar abu 0,49 %, kadar lemak 20,71 % dan total mikroba sebesar 2,05 CFU/g.

B. SARAN

Pangan darurat ini masih memiliki umur simpan yang relative pendek sehingga perlu penambahan jenis humektan lain atau pengemas jenis lain (primer dan sekunder) untuk memperpanjang daya simpan

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, A. R., Sanni, L., Awonorin, S., Daniel, I. dan Kuye, A. (2007). Effect of cassava varieties on the sorption isotherm of tapioca grits. *International Journal of Food Science and Technology* **42**: 448–452.
- Al-Muhtaseb, A. H., Mc.Minn, W. A. M. dan Magee, T. R. A. (2002). Moisture Sorption Isotherm Characteristics of Food Products: A Review. *Food and Bioproducts Processing* **80**: 118-128.
- Aini, N. dan Hariyadi, P. (2010). Gelatinization properties of white maize starch from three varieties of corn subject to oxidized and acetylated-oxidized modification. *International Food Research Journal*. **17**: 961-968.
- Aini, N., Hariyadi, P., Muchtadi, T.R., dan Andarwulan, N. 2010. Hubungan antara waktu fermentasi grits jagung putih dengan sifat gelatinisasi tepung jagung putih yang dipengaruhi ukuran partikel. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. **XXI**: 18-24.
- Ayranci, E. dan Duman, O. (2005). Moisture sorption isotherms of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and its protein isolate at 10, 20 and 30. *Journal of Food Engineering* **70**: 83-91.
- Chanvrier, H., Colonna, P., Guy, D., Valle, G.D. dan Lourdin, D. 2005. Structure and mechanical behaviour of corn flour and starch–zein based materials in the glassy state. *Carbohydrate Polymers* **59**: 109-119

- Corzo, O. dan Fuentes, A. I. (2004). Moisture sorption isotherms and modeling for precooked flours of pigeon pea (*Cajanus cajan* L millsp) and lima bean (*Canavalia ensiformis*). *Journal of Food Engineering* **65**: 443-448.
- Daniel, I. O., Oyekale, K. O., Ajala., M. O., Sanni, L. O., Okelana, M. A., Adetumbi, J. A., Akintobi, D. A. C. dan Adebisi., M. A. (2012). Moisture sorption in commercial hybrid maize (*Zea mays* L.) seeds during storage at ambient tropical conditions. *Research Journal of Seed Science* **5**: 32-37.
- Furmaniak, S., Terzyk, A. P., Golembiewski, R., Gauden, P. A. dan Czepirski, L. (2009). Searching the most optimal model of water sorption on foodstuffs in the whole range of relative humidity. *Food Research International*. **42**:1203-1214.
- Labuza, T.P. (1984). *Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurements in Use*. American Association of Cereal Chemist, St Paul, Minnesota
- Menkov, N. D. dan Durakova, A. G. (2007). Moisture sorption isotherms of sesame flour. *Food Technol. Biotechnol.* **45** : 96–100.
- Moraes, M. A., Rosa, G. S. dan Pinto, L. A. A. (2008). Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of apple Fuji and garlic. *International Journal of Food Science & Technology*. **43**: 1824-1831.

- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M. D. dan Prieto, D. M. (2010). Water adsorption and desorption isotherms of chestnut and wheat flours. *Industrial Crops and Products* **32**: 252-25.
- Moreno R. C, Carrillo, J. M., Dorado, R. G., Lopez, O. P., Rodriguez, E. O. C, dan Tiznado, J. A. G. (2003). Instant flour from quality protein maize (*Zea mays* L): optimization of extrusion process. *LWT-Food Science and Technology*. **36** : 685–695.
- Nurtama, B. dan Lin, J. (2010). Moisture Sorption Isotherm Characteristics of Taro Flour. *World Journal of Dairy & Food Sciences*. **5**: 01-06.
- Ocieczek, A. (2007). Comparison of sorption properties of semolina and farina. *Acta Agrophysica* **9**: 135-145.
- Oyelade, O. J., Tunde-Akintunde, T. Y. dan Igbeka, J. C. (2008). Predictive equilibrium moisture content equations for yam (*Dioscorea rotundata*, Poir) flour and hysteresis phenomena under practical storage conditions. *J. Food Engineering* **87**: 229-235.
- Peng G., Chen, X., Wu, W. dan Jiang, X. (2007). Modeling of water sorption isotherm for corn starch. *Journal of Food Engineering*. **80**: 562–567.
- Sandhu, K.S., Singh, N. dan Malhi, N.S. (2007). Some properties of corn grains and their flours I: Physicochemical, functional and chapati-making properties of flour. *Food Chemistry* **101**: 938–946.

- Abbas, H.K., R.D. Cartwright, W. Xie, and W. Thomas Shier. 2006. Aflatoxin and fumonisin contamination of corn (maize, *Zea mays*) hybrids in Arkansas. *Crop Protection* 25:1-9.
- Ackroff, K., F. Lucas, and A. Sclafani. 2005. Flavor preference conditioning as a function of fat source. *Physiology & Behavior* 85:448-460.
- Almatsier S. 2002. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Aini N., S.J. Munarso, V. Prihananto. 2010a. Formulasi Tepung Komposit dari Jagung Putih Termodifikasi-Tempe dalam Pembuatan Beras Jagung Instant, *Breakfast Cereal* dengan Nilai Kalori Lebih dari 300 kkal/100g dan Mie Jagung 100 persen. Laporan Penelitian KKP3T. Unsoed. Purwokerto.
- Aini, N., Hariyadi P, Muchtadi TR, Andarwulan N. 2010b. Hubungan antara waktu fermentasi grits jagung putih dengan sifat gelatinisasi tepung jagung putih yang dipengaruhi ukuran partikel. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* .XXI (1): 18-24
- Aini N, P Hariyadi, T.R. Muchtadi, N. Andarwulan. 2009. Hubungan sifat kimia dan rheologi tepung jagung putih dengan fermentasi spontan butiran jagung. *Forum Pasca Sarjana*. 32:33-43.
- Aini N. 2009. Pengaruh fermentasi spontan selama perendaman *grits* jagung putih varietas lokal (*Zea mays* L.) terhadap sifat fisik, kimia dan fungsional tepung yang dihasilkan. *Disertasi*. IPB. Bogor.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist, Washington DC.
- Apriyantono, R.R. 1996. Beberapa Pilihan Makanan Formula Lanjutan untuk Anak Usia 1-3 Tahun. Center for Research and Development of Nutrition and Food, NIHRD, <http://digilib.litbang.depkes.go.id/go.php?id=jpkpbppk-gdl-res-1996-rossi-1185-formula>

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2012. Statistik bencana tahun 2012 (On-Line). <http://www.bakornaspb.go.id> diakses 20 Agustus 2013.
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2012. *Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai (Angka Ramalan II-2012)*. BPS Indonesia, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1995. *Tepung Jagung .SNI 01-3727-1995*, Jakarta.
- Briend A dan Golden MHN. 1993. Treatment of severe child malnutrition in refugee camp. *Eur J.Clin Nurt.* 4:750-754
- Bourlieu, C., V. Guillard, H. Powell, B. Vallès-Pàmies, S. Guilbert, and N. Gontard. 2008. Modelling and control of moisture transfers in high, intermediate and low aw composite food. *Food Chemistry* 106:1350-1358.
- Cahyadi W. 2007. *Kedelai ; Khasiat dan Teknologi*. PT. Bumi Aksara, Jakarta
- Cámara, F., R. Barberá, M.A. Amaro, and R. Farré. 2007. Calcium, iron, zinc and copper transport and uptake by Caco-2 cells in school meals: Influence of protein and mineral interactions. *Food Chemistry* 100:1085-1092.
- Chassy, B.M. 2007. Food safety risks and consumer health. *New Biotechnology* 27:534-544.
- Chelule, P.K., H.P. Mbongwa, S. Carries, and N. Gqaleni. 2010. Lactic acid fermentation improves the quality of amahewu, a traditional South African maize-based porridge. *Food Chemistry* 122:656-661.
- Chen, L., G.E. Remondetto, and M. Subirade. 2006. Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems. *Trends in Food Science & Technology* 17:272-283.
- Cuevas-Rodríguez, E.O., N.M. Verdugo-Montoya, P.I. Angulo-Bejarano, J. Milán-Carrillo, R. Mora-Escobedo, L.A. Bello-Pérez, J.A. Garzón-Tiznado, and C. Reyes-Moreno. 2006. Nutritional properties of tempeh flour from quality protein maize (*Zea mays* L.). *LWT - Food Science and Technology* 39:1072-1079.

- De Groote, H. and S. C. Kimenju (2008). "Comparing consumer preferences for color and nutritional quality in maize: Application of a semi-double-bound logistic model on urban consumers in Kenya." *Food Policy* **33**(4): 362-370
- Dorner, J.W., R.J. Cole, W.J. Connick, D.J. Daigle, M.R. McGuire, and B.S. Shasha. 2003. Evaluation of biological control formulations to reduce aflatoxin contamination in peanuts. *Biological Control* 26:318-324.
- Eklund-Jonsson, C., A.-S. Sandberg, and M. Larsson Alminger. 2006. Reduction of phytate content while preserving minerals during whole grain cereal tempe fermentation. *Journal of Cereal Science* 44:154-160.
- Elisa Julianti dan Mimi Nurmimah. 2006. *Buku Ajar Teknologi Pengemasan*. Departemen Teknologi Pertanian – Fakultas Pertanian USU, Medan, (On-Line) <http://ocw.usu.ac.id/course/download/313000081-teknologi-pengemasan/thp> Diakses 05 Agustus 2013.
- Farahnaky, A., S. Ansari, and M. Majzoobi. 2009. Effect of glycerol on the moisture sorption isotherms of figs. *Journal of Food Engineering* 93:468-473.
- Forni, E., M.L. Erba, A. Maestrelli, and A. Polesello. 1992. Sorbitol and free sugar contents in plums. *Food Chemistry* 44:269-275.
- Fruijtier-Pöllöth, C. 2005. Safety assessment on polyethylene glycols (PEGs) and their derivatives as used in cosmetic products. *Toxicology* 214:1-38.
- Furmaniak, S., A.P. Terzyk, R. Golembiewski, P.A. Gauden, and L. Czepirski. 2009. Searching the most optimal model of water sorption on foodstuffs in the whole range of relative humidity. *Food Research International* 42:1203-1214.
- Gliemmo, M.F., C.A. Campos, and L.N. Gerschenson. 2006. Effect of several humectants and potassium sorbate on the growth of *Zygosaccharomyces bailii* in model aqueous systems resembling low sugar products. *Journal of Food Engineering* 77:761-770.

- Hoisington, A., M.M. Manore, and C. Raab. 2011. Nutritional Quality of Emergency Foods. *Journal of the American Dietetic Association* 111:573-576.
- Graaff PD. 2005. *Tepung Kedelai: Bahan Makanan Bergizi untuk Kesehatan*. PT Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta
- IOM. 1995. *Estimated Mean per Capita Energy Requirements for Planning Emergency Food Aid Rations*. National Academy Press, Washington, DC.
- IOM (Institute of Medicine). 2002. *High-Energy, Nutrient-Dense Emergency Relief Food Product*. Washington DC: National Academy Press.
- Johnson LA, dan May JB. 2003. Wet Milling The Basic For Corn Biorefineries. *Di dalam*: White PJ, dan Johnson LA (eds.). *Corn: Chemistry and Technology*, 2nd Edition. American Association of Cereal Chemistry Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- Jun H. Han. 2005. *Innovations in Food Packaging*. Elsevier Ltd.
- Karmini, M. 1996. Tempe dan Infeksi. Hal. 91-100 dalam: Sapuan dan N.Soetrisno (Eds), *Bunga Rampai Tempe Indonesia*. Yayasan Tempe Indonesia. Jakarta.
- Karyadi, D., and W. Lukito. 2002. Functional food and contemporary nutrition-health paradigm: tempeh and its potential beneficial effects in disease prevention and treatment. *Nutrition* 16:697-697.
- Kowalczyk, D., and B. Baraniak. 2010. Effects of plasticizers, pH and heating of film-forming solution on the properties of pea protein isolate films. *Journal of Food Engineering* 105:295-305.
- Kwon, D.Y., J.W. Daily Iii, H.J. Kim, and S. Park. 2010. Antidiabetic effects of fermented soybean products on type 2 diabetes. *Nutrition Research* 30:1-13.
- Leistner, L. 2000. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International Journal of Food Microbiology* 55:181-186.

- Lewicki, P.P. 2000. Raoult's law based food water sorption isotherm. *Journal of Food Engineering* 43:31-40.
- Lewicki, P.P. 2004. Water as the determinant of food engineering properties. A review. *Journal of Food Engineering* 61:483-495.
- Magkos, F., F. Arvaniti, I. Piperkou, S. Katsigaraki, K. Stamatelopoulos, M. Sitara, and A. Zampelas. 2004. Nutritional risk following a major disaster in a previously well-nourished population: who is vulnerable? *Public Health* 118:143-145.
- Maltini, E., D. Torreggiani, E. Venir, and G. Bertolo. 2003. Water activity and the preservation of plant foods. *Food Chemistry* 82:79-86.
- Mulloy, A., R. Lang, M. O'Reilly, J. Sigafos, G. Lancioni, and M. Rispoli. 2010. Gluten-free and casein-free diets in the treatment of autism spectrum disorders: A systematic review. *Research in Autism Spectrum Disorders* 4:328-339.
- Nakajima, N., N. Nozaki, K. Ishihara, A. Ishikawa, and H. Tsuji. 2005. Analysis of isoflavone content in tempeh, a fermented soybean, and preparation of a new isoflavone-enriched tempeh. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 100:685-687.
- O'Toole, D.K., and W. Colin. 2004. *SOYBEAN | Soy-Based Fermented Foods*, p. 174-185 *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier, Oxford.
- Peltonen, K., H. El-Nezami, C. Haskard, J. Ahokas, and S. Salminen. 2001. Aflatoxin B1 Binding by Dairy Strains of Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria. *Journal of Dairy Science* 84:2152-2156.
- Prabhakar, K., and K.R. Richard. 1999. INTERMEDIATE MOISTURE FOODS, p. 1095-1101 *Encyclopedia of Food Microbiology*. Elsevier, Oxford.
- Rapaille, A., J. Goosens, M. Heume, and C. Benjamin. 2003. SUGAR ALCOHOLS, p. 5665-5671 *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Academic Press, Oxford.

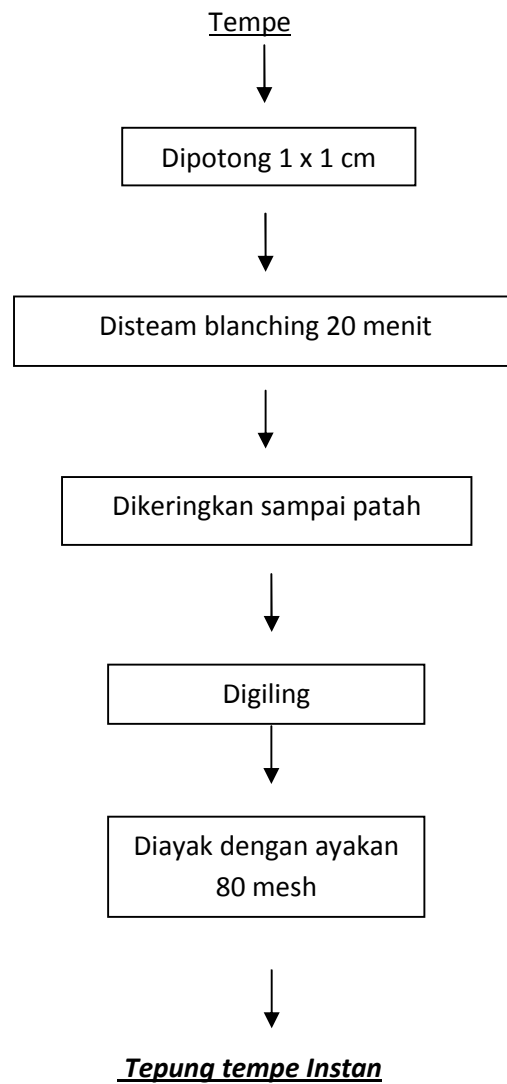
- Rivera, A.F., and D.M. Char. 2004. Emergency department disaster preparedness: Are Regional efforts reaching local front lines? *Annals of Emergency Medicine* 44:S94-S94.
- Scott, C.E., and A.L. Eldridge. 2005. Comparison of carotenoid content in fresh, frozen and canned corn. *Journal of Food Composition and Analysis* 18:551-559.
- Sheu, J.-B. 2007. An emergency logistics distribution approach for quick response to urgent relief demand in disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 43:687-709.
- Sych, J., and C. Benjamin. 2003. Intermediate-Moisture Foods, p. 3337-3342 *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Academic Press, Oxford.
- Tyug, T.S., K.N. Prasad, and A. Ismail. 2010. Antioxidant capacity, phenolics and isoflavones in soybean by-products. *Food Chemistry* 123:583-589.
- Xu, X., Y. Qi, and Z. Hua. 2010. Forecasting demand of commodities after natural disasters. *Expert Systems with Applications* 37:4313-4317.
- Yi, W., and L. Özdamar. 2007. A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities. *European Journal of Operational Research* 179:1177-1193.
- Young, H., A. Borrel, D. Holland, and P. Salama. 2004. Public nutrition in complex emergencies. *The Lancet* 364:1899-1909.
- Yuan, M.-L., Z.-H. Lu, Y.-Q. Cheng, and L.-T. Li. 2008. Effect of spontaneous fermentation on the physical properties of corn starch and rheological characteristics of corn starch noodle. *Journal of Food Engineering* 85:12-17.
- Zoumas, B.L., L.E. Armstrong, J.R. Backstrand, W.L. Chenoweth, P.Chinachoti, B.P. Klein, H.W. Lane, K.S. Marsh, and M.Tolvanen. 2002. *High-Energy, Nutrien Dense Emergency Relief Food Product*. Food and Nutrition Board: Institute of Medicine. National. Academy Press, Washington DC.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir pembuatan tepung jagung instan (Aini, 2009)



Lampiran 2. Diagram alir pembuatan tepung tempe instan



Lampiran 3. Kuisioner uji sensori

KUISIONER UJI SENSORI

Nama : Tanggal :

NIM : Tanda Tangan :

Di hadapan Saudara disajikan 8 sampel Produk Pangan Darurat dari Tepung Jagung Dan Tepung Tepung tempe Instan yang akan di uji sensori terhadap rasa, aftertaste pahit, kemudahan ditelan, dan kesukaan. Saudara diminta memberikan penilaian terhadap sampel yang tersedia dengan memberikan tanda silang (X) pada kolom yang tersedia sesuai kesan Saudara.

1. RASA

Deskripsi	Skala	477	776	339	818	251	916	581	232
Sangat enak	1								
Enak	2								
Agak enak	3								
Tidak enak	4								
Sangat tidak enak	5								

2. AFTERTASTE PAHIT

Deskripsi	Skala	477	776	339	818	251	916	581	232
Sangat pahit	1								
Pahit	2								
Agak pahit	3								
Tidak pahit	4								
Sangat tidak pahit	5								

3. KEMUDAHAN DITELAN

Deskripsi	Skala	477	776	339	818	251	916	581	232
Sangat mudah	1								
Mudah	2								
Agak mudah	3								
Sulit ditelan	4								
Sangat sulit ditelan	5								

4. KESUKAAN

Deskripsi	Skala	477	776	339	818	251	916	581	232
Sangat suka	1								
Suka	2								
Agak suka	3								
Tidak suka	4								
Sangat tidak suka	5								

Lampiran 4. Hasil analisa nilai gizi selama penyimpanan menggunakan variasi pengemas dan humektan

Kode	Air %				Karbohidrat
		Protein	Lemak	Abu	
Kontrol Sorbitol	12.72	14.35	20.92	0.84	51.17
	7.02	15.72	20.88	1.73	54.65
Rata-rata	9.87	15.03	20.9	1.7	52.5
Kontrol Gliserol	19.18	15.76	24.9	1.34	38.82
	8.96	17.13	20.58	1.76	51.57
Rata-rata	14.07	16.44	22.74	1.55	45.2
H1K1D1	21.28	16.03	8.29	1.21	53.19
	10.09	18.01	22.61	1.37	47.92
Rata-rata	15.68	17.02	15.45	1.29	50.56
H1K1D2	21.06	16.32	19.85	1.4	41.37
	13.14	19.5	20.54	2.17	44.65
Rata-rata	17.1	17.91	29.12	1.78	34.09
H1K1D3	19.27	15.38	17.97	1.48	45.9
	12.5	16.14	21.9	3.2	46.26
Rata-rata	15.88	15.76	19.93	2.34	46.09
H1K2D1	17.41	14.98	17.52	1.37	48.36
	10.37	16.26	19.11	2.03	52.23
Rata-rata	13.89	15.62	18.31	1.7	50.48
H1K2D2	19.81	16.39	18.57	1.67	43.56
	17.31	20.91	19.6	2.28	39.9
Rata-rata	18.56	18.65	19.08	1.97	41.74
H1K2D3	19.26	15.11	17.38	1.7	41.04
	10.96	16.27	19.03	4.76	48.98

Rata-rata	15.11	15.69	18.2	3.23	47.77
H1K3D1	19.14	15.29	17.56	1.39	46.62
	9.39	19.36	19.81	2.05	49.39
Rata-rata	14.26	17.32	18.68	1.72	48.02
H1K3D2	18.02	15.95	20.35	1.72	43.96
	13.76	19.08	20.71	2.06	44.39
Rata-rata	15.98	17.51	20.53	1.89	44.09
H1K3D3	19.12	14.57	18.09	1.4	46.82
	10.17	16.5	18.83	2.77	51.73
Rata-rata	14.64	15.53	18.46	2.08	49.29
H2K1D1	11.58	11.69	27.17	2.34	47.22
	12.35	14.92	20.23	1.88	50.62
Rata-rata	11.96	13.3	23.7	2.11	48.93
H2K1D2	20.8	15.97	19.14	1.53	42.56
	22.91	19.21	21.18	1.98	34.72
Rata-rata	21.85	17.59	20.16	1.75	38.65
H2K1D3	22.43	13.44	17.49	1.71	44.93
	13.51	14.69	17.76	2.91	51.13
Rata-rata	17.97	14.06	16.12	2.31	49.54
H2K2D1	13.86	15.22	21.71	1.65	47.56
	14.97	15.38	20.23	2.14	47.28
Rata-rata	14.41	15.3	20.97	1.89	47.43
H2K2D2	17.53	14.95	19.88	1.28	46.36
	19.63	17.35	18.86	2.05	42.11
Rata-rata	18.58	16.15	19.37	1.66	44.24
H2K2D3	20.36	13.75	18.23	1.74	45.92

	11.15	15.68	20.08	2.98	24.94
Rata-rata	15.75	14.71	19.15	2.36	48.03
H2K3D1	13.7	15.88	24.7	1.86	43.86
	12.01	15.4	22.47	1.44	48.68
Rata-rata	12.85	15.64	23.58	1.65	46.28
H2K3D2	18.66	14.25	18.3	0.62	48.17
	19.23	17.76	19.33	1.96	41.72
Rata-rata	19.44	16	18.81	1.29	44.46
H2K3D3	9.34	15.23	19.97	3.63	51.83
	16.92	14.57	19.39	1.53	47.59
Rata-rata	13.13	14.9	19.68	2.58	49.71

KARAKTERISTIK KURVA ISOTHERM SORPSI AIR TEPUNG JAGUNG INSTAN

Moisture Sorption Isotherm of Instant Corn Flour from Four Variety of Corn

Nur Aini, Vicentius Prihananto, Gunawan Wijonarko

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman,
Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto, 53123
Email: nuraini_munawar@yahoo.com/nuraini@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Proses instanisasi tepung diperkirakan akan mempengaruhi kadar air kesetimbangan sehingga mengubah sifat produk. Tepung jagung instan, sebagai bahan baku pangan semi basah perlu ditentukan kadar air kesetimbangannya menggunakan kurva isotherm sorpsi air. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) sangat berperan dalam sistem pengeringan makanan, terutama untuk memprediksi umur simpan makanan yang mempunyai kadar air rendah. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung instan dari empat varietas tepung jagung serta memprediksinya menggunakan metode BET (Brunauer-Emmett-Teller) dan GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung instan mempunyai bentuk kurva *isotherm sigmoid* (tipe II) pada keempat varietas tepung jagung. Kurva ISA tepung jagung berdasar percobaan mendekati prediksi model GAB hampir pada semua aktivitas air. Model BET lebih tepat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer (air terikat primer) pada tepung jagung instan, dan nilai air terikat primer pada tepung jagung instan sebesar 3,300 sampai 3,690 persen.

Kata kunci: Isotherm sorpsi air, tepung jagung, sigmoid, GAB, BET

ABSTRACT

Instantiation of flour was expected to affect the equilibrium moisture content which changes the nature of the product. Instant corn flour as raw material of semi-moist foods should be determined of its equilibrium moisture content using the curve of moisture sorption isotherm. Curves of moisture sorption isotherm plays an important role in food drying system, particularly for predicting the shelf life of foods that have low water content. The research was aimed to obtain moisture sorption isotherm curve of instant corn flour from the four varieties of maize, and predicted using the BET (Brunauer-Emmett-Teller) and GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer). Results of the study showed that the moisture sorption isotherm curve of instant corn flour had the sigmoid form (typeII) for all of variety. In most water activities, the moisture sorption isotherm curve of the instant corn flour were relevant to GAB model. BET model was more appropriate to estimate the value of water monolayer (primary bound water) and primary bound water in the instant corn flour; and the value obtained were 3.300 to 3.690 percent; respectively.

Keywords: Moisture sorption isotherm, corn flour, sigmoid, GAB, BET

PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu jenis pangan berpati yang potensial sebagai sumber energi. Beberapa varietas jagung dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan potensial bagi manusia. Satu kelebihan jagung adalah harganya yang cukup murah dibandingkan dengan jenis sereal lain seperti

padi atau gandum. Tepung jagung merupakan produk antara pengolahan jagung yang luas penggunaannya untuk berbagai produk pangan. Selain itu, dalam bentuk tepung juga mempermudah penanganan, memperpanjang umur simpan, serta lebih mudah difortifikasi atau disuplementasi dengan bahan lain.

Proses instanisasi diperlukan pada pembuatan tepung untuk produk siap saji, misalnya bubur siap saji. Proses instanisasi tepung diperkirakan akan mempengaruhi kadar air kesetimbangan sehingga mengubah sifat produk (Moreno dkk., 2003). Tepung jagung instan, sebagai bahan baku pangan semi basah perlu ditentukan kadar air kesetimbangan menggunakan kurva isotherm sorpsi air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Oyelade dkk. (2008) bahwa bahan pangan setelah diolah mempunyai sifat yang sangat higroskopis, yaitu dapat menyerap air dari udara di sekelilingnya dan sebaliknya dapat melepaskan sebagian air yang terkandung di dalamnya ke udara. Sifat-sifat ini dapat digambarkan dengan kurva isotherm sorpsi air (ISA).

Kurva isotherm sorpsi air (ISA) menyatakan hubungan antara kadar air (basis kering) bahan dengan kelembaban relatif (relative humidity/RH) atau aktivitas air pada suhu tertentu. Moisture sorpsi isotherm dapat ditunjukkan dalam bentuk kurva isotherm sorpsi yang khas pada setiap bahan. Beberapa penelitian tentang karakterisasi tepung dan pati jagung telah dilakukan, antara lain sifat gelatinisasi tepung dan pati jagung putih (Aini dan Hariyadi, 2010; Aini dkk., 2010), sifat kimia dan sifat fisik (Sandhu dkk., 2007; Chanvrier dkk., 2005). Kebanyakan laporan tersebut membahas tentang karakter kimia, fisik atau profil reologi tepung jagung. Belum banyak di antara penelitian-penelitian tersebut yang membahas tentang tepung jagung dalam hubungannya dengan karakter isotherm sorpsi air. Penelitian tentang kurva isotherm sorpsi air yang ada antara lain pada tapioka oleh Adebawale dkk. (2007) yang menyatakan bahwa beberapa varietas tapioka memiliki pola isotherm sama.

Kurva isotherm sorpsi air penting untuk pendugaan waktu pengeringan, pengemasan dan kemantapan bahan selama penyimpanan. Menurut Al-Muhtaseb dkk. (2002), kurva isotherm sorpsi air sangat berperan dalam pengeringan makanan, terutama untuk memprediksi umur simpan makanan yang mempunyai kadar air rendah. Model-model persamaan isotherm sorpsi air yang ada antara lain Langmuir, BET (Brunauer-Emmett-Teller), Henderson, GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer) dan lain-lain (Furmaniak dkk., 2009). Masing-masing model mempunyai kesesuaian, seperti hanya berlaku pada daerah kelembaban relatif tertentu, pendekatannya satu arah yaitu adsorpsi atau desorpsi dan tidak seluruh model dapat diterapkan pada bahan pangan (Moraes dkk., 2008). Diantara persamaan tersebut yang paling sering digunakan untuk memprediksi ISA pada bahan pangan adalah model BET dan GAB.

Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh kurva ISA tepung jagung instan dari empat varietas tepung jagung serta memprediksinya menggunakan metode BET dan GAB. Informasi tersebut diharapkan bermanfaat untuk pengembangan dan optimasi produk sehingga

dapat memprediksi umur simpan dan perubahan selama penyimpanan pada kelembaban relatif tertentu.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah jagung dari empat varietas yaitu Bisi, Pioneer, Srikandi dan Canggal. Bahan lain yang digunakan adalah senyawa garam untuk membuat larutan jenuh pada kadar air kesetimbangan, yaitu NaOH, $MgCl_2$, K_2CO_3 , $Mg(NO_3)_2$, KI, NaCl, KBr, KCl dan K_2SO_4 .

Pembuatan Tepung Jagung Instan

Pembuatan tepung jagung instan dilakukan menggunakan metode Aini dkk. (2010) yang dimodifikasi. Proses modifikasi terletak pada instanisasi, yaitu pengukusan butiran-butiran jagung sampai matang sebelum dikeringkan dan ditepung.

Penentuan Kadar Air Kesetimbangan

Penentuan kadar air kesetimbangan dilakukan dengan menempatkan sampel pada beberapa larutan garam (Menkov dan Durakova, 2007). Larutan garam dibuat dengan cara melarutkan garam-garam tertentu dalam aquades sampai terbentuk larutan garam jenuh. Garam-garam yang digunakan sebagai larutan garam jenuh untuk memberikan nilai a_w konstan adalah NaOH (0,082), $MgCl_2$ (0,327), K_2CO_3 (0,431), $Mg(NO_3)_2$ (0,528), KI (0,689), NaCl (0,752), KBr (0,809), KCl (0,843) dan K_2SO_4 (0,973). Masing-masing 10 gram sampel kemudian disimpan dalam desikator yang sudah diatur RH-nya menggunakan larutan-larutan garam jenuh tersebut. Larutan garam tersebut kemudian disimpan pada suhu 30°C. Setiap hari sampel tersebut ditimbang sampai tercapai *steady state*. Untuk bahan yang ditaruh pada RH rendah perubahan beratnya 3 kali penimbangan berturut-turut 2 mg/g, sedangkan untuk RH tinggi perubahannya 10 mg/g. Setelah konstan, sampel tersebut kemudian diukur kadar airnya menggunakan metode oven. Kadar air setimbang dihitung berdasarkan berat kering. Kesetimbangan dicapai selama 15-28 hari.

Penentuan Model Isotherm Sorpsi Air

Untuk menganalisis moisture sorpsi isotherm dengan metode BET, diplot grafik hubungan antara a_w vs $a_w/(1-a_w)$ sehingga didapat bentuk kurva linear. Berdasarkan kurva tersebut didapat persamaan $y = a + ba_w$,

dimana $y = aw/(1-aw)m$; dan $a = 1/m_0C = \text{intercept}$

Menurut model BET (Brunauer-Emmett-Teller), kadar air pada aktivitas air (a_w) tertentu dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$m = \frac{a_w m_o C}{(1 - a_w)[1 + a_w(C - 1)]} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: m_o adalah kadar air kesetimbangan, m adalah kadar air (basis kering) pada a_w tertentu, dan C adalah konstanta.

Untuk menganalisa kurva ISA menggunakan model matematik GAB, dibuat kurva kuadratik hubungan antara a_w dengan kadar air kesetimbangan (basis kering). Berdasarkan kurva tersebut, didapatkan persamaan yang dapat diubah menjadi bentuk persamaan kuadrat sebagai berikut: $a_w/m = \alpha a_w^2 + \beta a_w + \epsilon$.

dimana $\alpha = k/m_o [(1/C) - 1]$; sedangkan $\alpha = 1/m_o (1 - 2/C)$ dan $\alpha = 1/M_o Ck$

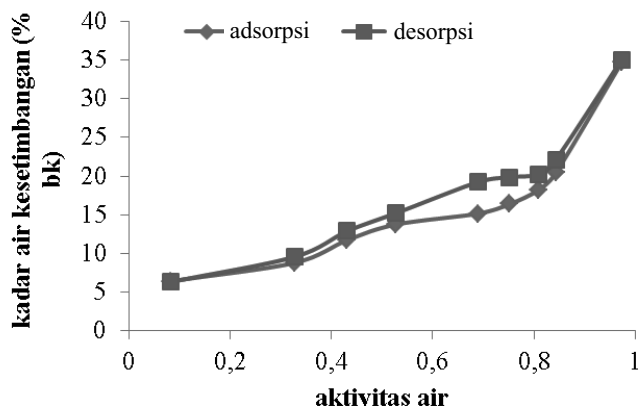
Menurut GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer), kadar air pada a_w tertentu dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$m = \frac{m_o k C a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + k C a_w)} \dots\dots\dots (2)$$

dimana m_o adalah kadar air kesetimbangan, m adalah kadar air (basis kering) pada a_w tertentu, dan C, k adalah konstanta.

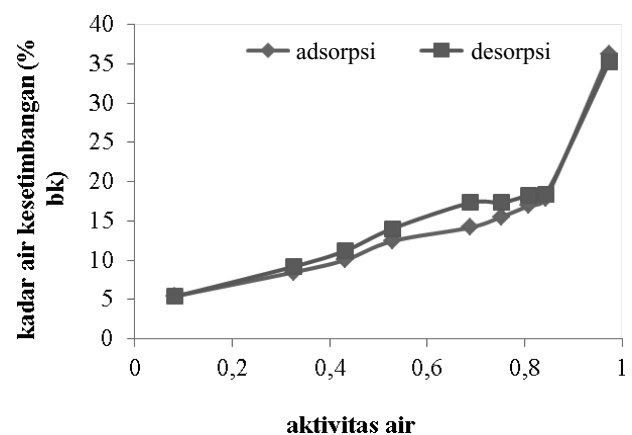
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1, 2 3 dan 4 masing-masing menunjukkan kurva isotherm adsorpsi dan desorpsi tepung jagung instan varietas Bisi, Pioner, Srikandi dan Canggal. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung mendekati tipe II, yaitu bentuk *sigmoid* atau seperti huruf S. Labuza (1984) mengklasifikasikan kurva isotherm sorpsi ke dalam 3 tipe, yaitu tipe I adalah tipe Langmuir, tipe II adalah bentuk sigmoid atau huruf S dan tipe III (Flory-Huggins) yang berbentuk seperti huruf J.



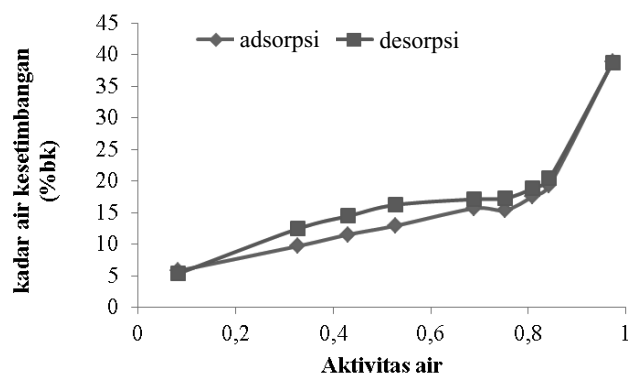
Gambar 1. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Bisi

Kurva isothermis sorpsi II yang berbentuk huruf S disebabkan pengaruh akumulatif dari ikatan hidrogen, Hukum Raoult, kapiler dan interaksi antara permukaan bahan dengan molekul air. Pada kurva tersebut terdapat dua lengkungan, lengkungan pertama pada a_w sekitar 0,2 sampai 0,4 dan yang lain pada a_w 0,7 sampai 0,8. Kedua lengkungan ini merupakan akibat perubahan sifat fisikokimia pengikatan air oleh bahan (Labuza, 1984). Pada kurva ISA tepung jagung, lengkungan pertama terdapat pada a_w 0,3 sampai 0,5 sedangkan lengkungan kedua terjadi pada a_w 0,7 sampai 0,85. Kondisi seperti ini juga terjadi pada biji jagung (Daniel dkk., 2012), semolina dan farina (Ociecek, 2007).



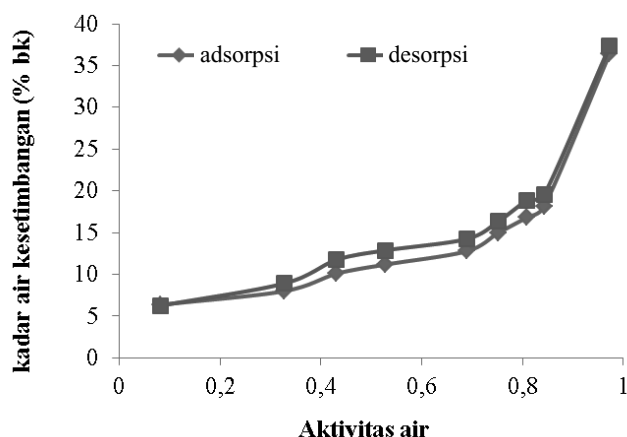
Gambar 2. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Pioneer

Kurva isotherm sorpsi air mempunyai bentuk sigmoidal pada banyak makanan, meskipun untuk makanan yang mempunyai kadar gula tinggi atau molekul terlarut rendah mempunyai kurva isotherm yang berbentuk J. Bahan makanan kering umumnya termasuk isothermis sorpsi tipe II, dan tepung jagung instan termasuk pada kelompok tersebut. Menurut Corzo dan Fuentes (2004), tepung kacang polong yang telah mengalami pemasakan juga mempunyai bentuk yang hampir serupa.



Gambar 3. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Srikandi

Model sigmoid pada kurva moisture sorpsi isotherm tepung jagung ini sama dengan tepung kentang (Nurtama dan Lin, 2010), tepung wijen (Menkov dan Durakova, 2007) dan tepung kacang tunggak (Ayranci dan Duman, 2005). Bila dibandingkan dengan kurva isotherm sorpsi dari bahan pati-patian seperti pati jagung (Peng dkk., 2007), tapioka (Adebawale dkk., 2007), bentuk kurva isotherm tepung jagung dari empat varietas ini juga mendekati.



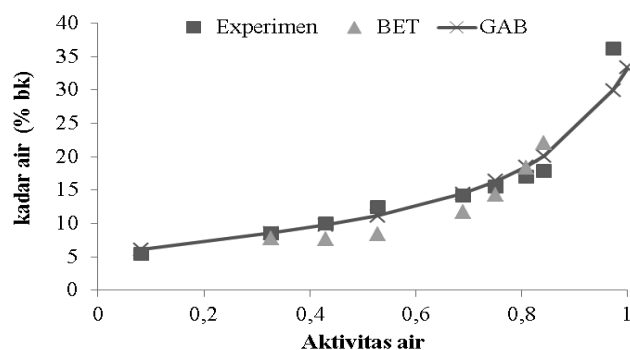
Gambar 4. Kurva isotherm sorpsi air (ISA)tepung jagung varietas Canggal

Data hubungan kadar air (M) dengan nilai a_w dari kurva isotherm sorpsi yang telah diperoleh kemudian diubah dalam persamaan matematis model GAB dan BET. Berdasarkan data tersebut, dihitung nilai m_0 , C dan k seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Nilai m_0 menggambarkan kadar air pada lapisan monolayer pada bahan. Kandungan air pada lapisan monolayer ini sangat penting dalam menentukan stabilitas fisik dan kimia bahan yang dikeringkan. Menggunakan model BET didapatkan kadar air monolayer 3,300 (Canggal) sampai 3,690 (Bisi); sedangkan menggunakan model GAB

didapatkan kadar air monolayer 5,725 (Canggal) sampai 7,323 (Bisi). Kadar air pada lapisan monolayer ini merupakan air terikat primer, yang tidak dapat berfungsi sebagai pelarut atau pemlastis. Air terikat primer ini merupakan bagian dari padatan karena air ini diabsorpsi pada sisi aktif bagian polar padatan (Al Muhtaseb dkk., 2002). Menurut Furmanik dkk., (2009), model BET lebih tepat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer yang diadsorpsi pada permukaan, sehingga kalau berdasarkan referensi ini maka kadar air pada lapisan monolayer tepung jagung instan sekitar 3,300 sampai 3,690.

Berdasarkan persamaan 1 dan 2 dibuat kurva ISA tepung jagung Pioneer, Bisi, Srikandi dan Canggal dari hasil percobaan dan prediksi model BET dan GAB sehingga didapat Gambar 5,6,7 dan 8.



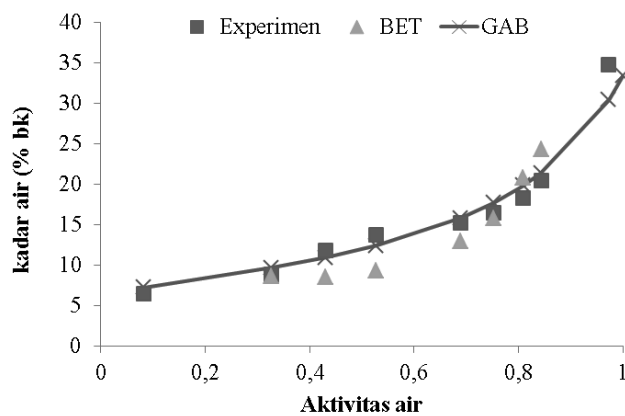
Gambar 5. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Pioneer berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

Berdasarkan Gambar 5,6,7, dan 8, dapat dilihat bahwa kurva ISA tepung jagung instan berdasar percobaan mendekati prediksi GAB hampir pada semua aktivitas air. Hal ini seperti hasil penelitian Peng dkk. (2007) pada pati jagung, yaitu kurva isotherm pati jagung lebih dapat didekati menggunakan model GAB.

Tabel 1. Kadar air monolayer (m_0), konstanta (C , k) sesuai model GAB dan BET pada tepung jagung instan varietas Pioneer, Bisi, Canggal dan Srikandi

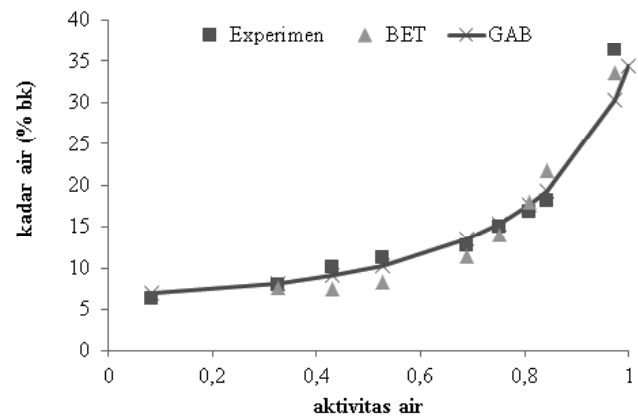
Parameter	GAB				BET			
	Pioneer	Bisi	Canggal	Srikandi	Pioneer	Bisi	Canggal	Srikandi
m_0	6,484	7,323	5,725	7,014	3,356	3,690	3,300	3,521
C	95,676	174,928	-104,759	180,503	-5,731	-5,646	-5,827	-5,358
K	0,806	0,781	0,834	0,790				

Keterangan: m_0 = kadar air monolayer, C dan k = konstanta



Gambar 6. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Bisi berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

Moreira dkk. (2010) juga menyatakan bahwa model GAB dapat mewakili aw 0,0 sampai 0,94 dan berdasarkan pengujian pada biji-bijian ternyata model tersebut memiliki validitas yang tinggi. Model GAB mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan model BET yaitu memiliki latar belakang yang bersifat teoritis, dapat mendeskripsikan sifat sorpsi isothermis pada hampir semua bahan pangan pada kisaran aw $0,1 < a_w < 0,9$, mempunyai bentuk persamaan matematika yang sederhana dengan tiga parameter.



Gambar 8. Kurva moisture sorpsi isotherm tepung jagung Canggal berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

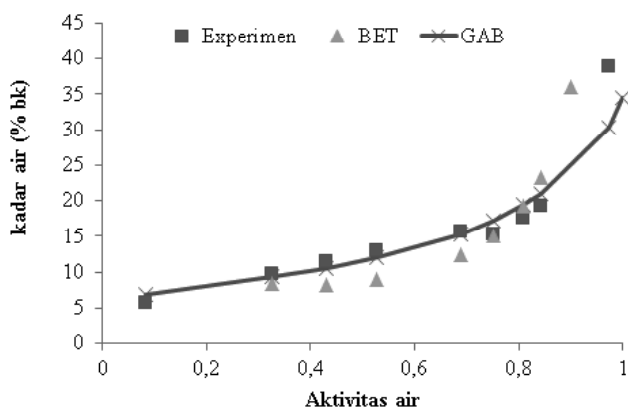
Berdasarkan Gambar 5 sampai 8 dapat dilihat bahwa model BET hanya tepat untuk menggambarkan kadar air tepung jagung instan pada aw 0,1 sampai 0,8. Hal ini sesuai dengan pernyataan persamaan model BET merupakan model yang paling luas digunakan dan paling tepat untuk diterapkan pada bahan pangan yang mempunyai kisaran aw tertentu yaitu 0,05 – 0,45 (Al Muhtaseb dkk., 2002; Furmanik dkk., 2009). Model ini dapat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer yang diadsorpsi pada permukaan. Kandungan air pada lapisan monolayer ini sangat penting dalam menentukan stabilitas fisik dan kimia bahan yang dikeringkan.

KESIMPULAN

Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung instan dari empat varietas mempunyai bentuk kurva *isotherm sigmoid* (tipe II). Kurva ISA tepung jagung berdasar percobaan mendekati prediksi model GAB hampir pada semua aktivitas air, berlaku untuk empat varietas tepung jagung yang digunakan. Model BET lebih tepat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer (air terikat primer) pada tepung jagung instan, dan nilai air terikat primer pada tepung jagung instan sebesar 3,3 sampai 3,69 persen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Ditlitabmas Dikti) yang telah memberikan dana penelitian melalui Riset Strategis Nasional 2012.



Gambar 7. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Srikandi berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

Pada model GAB, parameter-parameter yang dimiliki mempunyai makna fisik proses sorpsi yaitu dapat menentukan nilai konstanta c dan K yang berhubungan dengan energi interaksi antara air dan bahan, serta nilai m_0 yang menunjukkan kadar air saat terjadi satu lapis molekul air dan mampu menggambarkan pengaruh suhu terhadap sorpsi isothermik dengan menggunakan persamaan Arrhenius. Model GAB ini dapat digunakan untuk penentuan kapasitas air terikat tersier.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, A.R., Sanni, L., Awonorin, S., Daniel, I. dan Kuye, A. (2007). Effect of cassava varieties on the sorption isotherm of tapioca grits. *International Journal of Food Science and Technology* **42**: 448-452.
- Al-Muhtaseb, A.H., Mc.Minn, W.A.M. dan Magee, T.R.A. (2002). Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review. *Food and Bioprocess Technology* **80**: 118-128.
- Aini, N. dan Hariyadi, P. (2010). Gelatinization properties of white maize starch from three varieties of corn subject to oxidized and acetylated-oxidized modification. *International Food Research Journal* **17**: 961-968.
- Aini, N., Hariyadi, P., Muchtadi, T.R. dan Andarwulan, N. (2010). Hubungan antara waktu fermentasi grits jagung putih dengan sifat gelatinisasi tepung jagung putih yang dipengaruhi ukuran partikel. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* **XXI**: 18-24.
- Ayranci, E. dan Duman, O. (2005). Moisture sorption isotherms of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and its protein isolate at 10, 20 and 30. *Journal of Food Engineering* **70**: 83-91.
- Chanvrier, H., Colonna, P., Guy, D., Valle, G.D. dan Lourdin, D. (2005). Structure and mechanical behaviour of corn flour and starch-zein based materials in the glassy state. *Carbohydrate Polymers* **59**: 109-119.
- Corzo, O. dan Fuentes, A.I. (2004). Moisture sorption isotherms and modeling for precooked flours of pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millsp) and lima bean (*Canavalia ensiformis*). *Journal of Food Engineering* **65**: 443-448.
- Daniel, I.O., Oyekale, K.O., Ajala, M.O., Sanni, L.O., Okelana, M.A., Adetumbi, J.A., Akintobi, D.A.C. dan Adebisi, M.A. (2012). Moisture sorption in commercial hybrid maize (*Zea mays* L.) seeds during storage at ambient tropical conditions. *Research Journal of Seed Science* **5**: 32-37.
- Furmaniak, S., Terzyk, A.P., Golembiewski, R., Gauden, P.A. dan Czepirski, L. (2009). Searching the most optimal model of water sorption on foodstuffs in the whole range of relative humidity. *Food Research International* **42**: 1203-1214.
- Labuza, T.P. (1984). *Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurements in Use*. American Association of Cereal Chemist, St Paul, Minnesota.
- Menkov, N.D. dan Durakova, A.G. (2007). Moisture sorption isotherms of sesame flour. *Food Technology and Biotechnology* **45**: 96-100.
- Moraes, M.A., Rosa, G.S. dan Pinto, L.A.A. (2008). Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of apple Fuji and garlic. *International Journal of Food Science and Technology* **43**: 1824-1831.
- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M.D. dan Prieto, D.M. (2010). Water adsorption and desorption isotherms of chestnut and wheat flours. *Industrial Crops and Products* **32**: 252-25.
- Moreno R.C., Carrillo, J.M., Dorado, R.G., Lopez, O.P., Rodriguez, E.O.C, dan Tiznado, J.A.G. (2003). Instant flour from quality protein maize (*Zea mays* L): Optimization of extrusion process. *LWT - Food Science and Technology* **36**: 685-695.
- Nurtama, B. dan Lin, J. (2010). Moisture sorption isotherm characteristics of taro flour. *World Journal of Dairy and Food Sciences* **5**: 01-06.
- Ocieczek, A. (2007). Comparison of sorption properties of semolina and farina. *Acta Agrophysica* **9**: 135-145.
- Oyelade, O.J., Tunde-Akintunde, T.Y. dan Igbeka, J.C. (2008). Predictive equilibrium moisture content equations for yam (*Dioscorea rotundata* Poir) flour and hysteresis phenomena under practical storage conditions. *Journal of Food Engineering* **87**: 229-235.
- Peng, G., Chen, X., Wu, W. dan Jiang, X. (2007). Modeling of water sorption isotherm for corn starch. *Journal of Food Engineering* **80**: 562-567.
- Sandhu, K.S., Singh, N. dan Malhi, N.S. (2007). Some properties of corn grains and their flours I: Physicochemical, functional and chapati-making properties of flour. *Food Chemistry* **101**: 938-946.

Lampiran 6. Cover luaran (Buku Teknologi Fermentasi pada Tepung Jagung, Penerbit Graha Ilmu, 2013)



FORMULATION AND CHARACTERIZATION OF EMERGENCY FOOD BASED ON CORN FLOUR

Nur Aini^{1)*}, V. Prihananto¹⁾, Gunawan Wijonarko¹⁾

**Department of Agricultural Technology, Faculty of Agriculture, Jenderal Soedirman
University, Purwokerto, Central Java-Indonesia**

***Corresponding author: email: nuraini.1973@gmail.com**

Abstract

It is necessary to design special food emergencies disasters can be directly consumed, a practical and nutritious. Emergency food raw materials-based local resource that can fulfill the nutritional needs in a disaster situation. Formulation of emergency food based on corn flour and soybean is expected to be the alternative of the affected population. The objective of the research is to produce emergency food formula made from corn-tempeh flour and corn-soybean flour that fulfill the nutrition standard emergency food, and acceptable. This study is divided into three steps; the first includes emergency food formulation of three varieties of maize and prediction of nutritional adequacy of each formula. The second stage is the determination of the amount of water for each formula and the determination of the

amount of humectant (sorbitol) is used). The last stage is a further analysis of the selected formula in the form of the energy value analysis and microbiological properties (total microbial and yeasts). Best prototype emergency food produced from Srikandi corn flour and tempeh flour. Its composition is 42 percent of corn flour, 20 percent of tempeh flour, 10 percent of full cream milk powder, 16 percent of sugar, and 12 percent of frying oil. Nutrient composition of each 50 grams of product was 8.1 g of protein, 20.67 g of lipid, 20.58 g of carbohydrate, and 298.04 kcal of energy. In terms of protein and energy, emergency food already meets the adequacy standard, which is the minimum energy 233 kcal / pieces and 7.9 to 8.1 g protein. Emergency food lipid content is too high (9.1 to 11.7 g), while the levels are too low carbohydrate (23-35 g). This product is swallowed easiest, most delicious, no bitter aftertaste, and most preferably compared to other formulas.

Keywords: emergency food, instant corn flour, tempeh flour instant, sorbitol, gliserol

INTRODUCTION

The disaster in Indonesia has claimed many lives in a short time, and some of them must be live at the evacuation site. To avoid a new disaster after natural disasters, namely the emergence of hunger, it is absolutely necessary emergency food (Rivera and Char, 2004). Emergency food is a special food which consumed at emergency time to fulfill the daily needs of human consumption (i.e 2100 kcal), that are ready to eat, practical and nutritious (Sheu, 2007).

Raw material for producing emergency food should base on local ingredients and delicious so it can be accepted by society. Corn is one of the local foods in Indonesia, which

has the potential to be processed into emergency food. Utilization of corn as a source of emergency food has an advantage because it contains functional food components such as dietary fiber, vitamin A and Fe (Scott and Eldridge, 2005; Aini *et al.*, 2010). Corn was classified as moderate glycemic index and the absence of gluten makes the corn consumed by people with autism fit (Mulloy *et al.*, 2010).

One of the emergency food requirements is sufficient to contain nutrients. Protein is an essential nutrient that has a role on the absorption of other nutrients, ie non-heme iron and calcium. One source of vegetable protein is soybean. Tempe derived from soybean with higher protein bioavailability and Fe (Tyug *et al.*, 2010).

The other problem of disaster is clean water availability, therefore the emergency food must be easy to ingest and not generate thirsty. Intermediate Moisture Foods (IMF) must be sufficiently wet and easy to be eaten without rehydration and quite stable during storage (Furmaniak *et al.*, 2009). The moisture sorption isotherm curve in corn flour have been known the use of corn as intermediate moisture foods (Aini *et al.*, 2014)

Corn-based IMF has the potential to be developed as an emergency food in the form of ready to eat. Emergency food should be containing high nutritional value, especially in providing sufficient energy. To fulfill the standards of quality emergency food, particularly in the supply of protein, vitamins and minerals, necessary to improve the nutritional quality by means of the formulation between corn flour with flour protein (Chen *et al.*, 2006).

Sources of vegetable protein is one alternative to increase protein content, and the one that meets these criteria is soybean protein. As an alternative source of protein, soybean can be added as tempeh flour which is a high quality protein source. Changes during the fermentation process will improve the digestibility and the value of functional components in

soybean as well as the loss of anti-nutritional compounds (Eklund-Jonsson *et al.*, 2006). The addition of soybean flour will enrich nutrition and efficacious as an antioxidant as well as anti-diarrheal and stimulate growth (Tyug *et al.*, 2010). The existence of the fermentation process, would increasing the levels of vitamin B include B12 (cobalamin), B2 (riboflavin), B6 (pyridoxine), niacin, biotin, folate and pantothenic acid compounds (Cuevas-Rodriguez *et al.*, 2006).

Formulation of corn-tempeh flour and corn-soybean flour to emergency food product by intermediate moisture food is expected to be an alternative in the provision of food, especially for refugees of natural disasters. The objective of the research is to produce emergency food formula made from corn-tempeh flour and corn-soybean flour that fulfill the adequacy standard emergency food products and acceptable.

METHODS

Ingredients for formulations include 3 varieties of corn that is Pioneer, Srikandi and Canggal purchased from local corn farmers in Temanggung, Central Java. Soybean varieties used are Slamet, while tempeh obtained from producer in the Pliken village, Banyumas. Additional ingredients used were full cream milk powder, refined sugar, cooking oil, sorbitol, glycerol, and mineral water.

This study is divided into three steps. The first includes emergency food formulation of three varieties of maize and prediction of nutritional adequacy of each formula. The second stage is the determination of the amount of water for each formula and the determination of the amount of humectant (sorbitol). This was followed by the production of emergency food

formula. At this stage, the analysis of water content, mineral, protein, lipid (AOAC, 1995), carbohydrate (by difference), water activity, and sensory analysis (hedonic test). At this stage, selected the best formula based nutritional value, aw and hedonic test. The last stage is a further analysis of the selected formula in the form of the energy value analysis and microbiological properties (total microbial and yeasts).

Preparation of instant corn flour made according to the method Aini *et al.* (2014). Instant soybean flour is done by soaking soybeans for 6 hours and then does the stripping skin of soybean seeds. Furthermore, soybean washed and blanched for 15 minutes. The next stage was drying using cabinet dryer, then ground and sieved to 80 mesh. Making tempeh instant flour is done by cutting the tempeh, then do steam blanching for 20 minutes. Furthermore, tempeh dried using cabinet dryer at 60°C for 8 hours. Tempe that has been dried then ground and sieved to 80 mesh.

Calculation of formula is based on the nutrient requirements of emergency food, which contains at least 233 calories kcal / piece with a protein content of 7.9 to 8.1 g, lipid 9.1 to 11.7 g and 23-35 g of carbohydrate. This value is based on the assumption that one piece is equal to 50 g dry weight.

Making emergency food made by mixing the ingredients until homogeneous. In the mixing stage, the addition of mineral water (80°C.) while stirring until blended. The next stage is tasting the product, if it was easy to swallow, then it added sorbitol as humectan.

RESULT AND DISCUSSION

Preparation of Formula and Nutritional Adequacy Prediction

The materials used in the formulation of this emergency food are corn, soybean and tempeh flour, which is instant flour. The flour is made by steaming before drying stage, so instant flour can be directly consumed without further cooking. Corn flour was white and yellow, depending on the type of corn each. Yellow corn flour has an advantage because the levels of provitamin A fairly high. Instant corn flour has a moisture content in the range of 12.2 to 13.59 percent, while the instant tempeh flour and soy flour has a moisture content of instant 11.62 and 11.77 percent. Macronutrient value of the materials used in the formulation of emergency food can be seen in Table 1.

Table 1. Nutrient composition of ingredients used in the formulation of emergency food

Bahan	Moisture (%)	Mineral (% db)	Protein (% db)	Lipid (% db)	Carbohydrates (% db)
Srikandi corn flour	13.59	0.34	9.86	0.315	78.13
Pioneer corn flour	12.53	0.2	7.35	1.61	78.31
Canggal corn flour	12.2	0.12	7.63	0.015	77.805
Tempeh flour	-	-	50.36	24.72	1.943
Soybean flour	-	-	36.66	6.74	44.96
Milk powder	-	-	25.93	25.93	40.7

Icing sugar	-	-	-	-	99.3
Frying oil	-	-	-	100	-
Margarine	-	-	-	100	-

Preparation of emergency food formula is based on the macronutrient content of the raw material. Calculations on the macronutrient content of the instant flour is done by the analysis of the nutritional value include levels of lipid, protein and carbohydrates. Nutrient content in milk powder, refined sugar and cooking oil refers to the list of nutrients contained in the product packaging.

Based on calculations, the emergency food formula from corn-soybean and corn-tempeh flour as can be seen in Table 2. Composition of corn flour on emergency food formula was 34.4 to 42 percent. Formula II and III have the same composition that is 42 percent of corn flour, 20 percent of soybean flour, 10 percent of milk powder, 16 percent of icing sugar and 12 percent of cooking oil. Formula I also have almost the same composition with the formula II and III are 40 percent corn flour, soybean flour 18 per cent, 12 per cent of milk powder, 18 percent sugar and 12 percent of cooking oil. These formulas have the same composition as it is made from corn flour and soybean flour with other similar additives. According to Aini *et al.* (2010), of the three varieties of maize, Srikandi corn has the highest protein content than varieties Canggal and Pioneer. Making corn into flour tends not to change its chemical composition.

Table 2. Emergency food formulation based on corn flour

Ingredients	Formula %					
	I	II	III	IV	V	VI
Corn flour	40	42	42	36	36	34.4
Soybean flour	-	-	-	23	23.6	25
Tempeh flour	18	20	20	-	-	-
Milk powder	12	10	10	15	16	16
Icing sugar	18	16	16	10	8	8
Frying oil	12	12	12	16	16.4	16.6

Explanation: I = *Canggal* corn-tempeh flour; II = *Pioner* corn-tempeh flour; III = *Srikandi* corn-tempeh flour; IV = *Canggal* corn-soy flour; V = *Pioneer* corn-soy flour; VI = *Srikandi* corn-soy flour

Corn-soy flour based emergency food has a less sweet flavor than emergency food from corn-tempeh flour. This is due to fewer added sugars. However, based on its aroma, corn-soy flour formula has better aroma than corn-soybean flour formula for the amount of oil and higher milk. Oils and lipids provide delicious aroma to food, as well as milk powder which has a lipid content of 25.93%, also contribute to the aroma of products.

Based on proximate analysis, calculated the percentage composition of the materials for the emergency food formula. Macronutrient value of emergency food formula calculated

according to the percentage in the composition of the product. Prediction emergency food nutritional adequacy based every 50 gram formulation can be seen in Table 3.

Table 3. Prediction of the nutritional adequacy of emergency food formula

Component	Formula					
	I	II	III	IV	V	VI
Protein (g)	7,06	7,87	7,93	7,83	7,72	7,97
Lipid (g)	11,20	11,68	11,41	10,72	11,36	11,27
Carbohydrate (gram)	27,11	26,62	26,58	27,19	26,63	26,29
Total energy (kkal)	241,55	243,16	240,79	237,02	239,65	238,47

Explanation : I = Canggal corn-tempeh flour; II = Pioner corn-tempeh flour; III = Srikandi corn-tempeh flour; IV = Canggal corn-soybean flour; V = Pioneer corn-soybean flour; VI = Srikandi corn-soybean flour.

Potein content (% db) of emergency food in the range 7.06 to 7.97 grams per piece (50 grams) of the product. Based on the nutritional requirements of the emergency food should contain 7.9 to 8.1 grams of protein at each piece of the product (Zoumas, et al., 2002), then the product is eligible III and VI. Product III has protein content of 15.86 percent, equivalent to 7.93

grams of protein per 50 gram of product; while product VI has a protein content of 15.92 percent or 7.96 grams of protein per 50 grams of product.

Emergency food protein content of Srikandi corn flour higher (9.86% wb) than Pioneer (7.35 percent) and Canggal (7.63 percent). Another influencing factor is the addition of high levels of protein in the manufacture of other materials emergency food is tempeh or soybean flour (18 to 25 percent) and full cream milk powder 10 to 16 percent. Tempeh flour, soybean flour and milk powder have high protein content, are 50.46; 36.66; and 25.93 percent. High levels of protein in these materials increase the protein content of food emergency.

Lipid on emergency food required 9.1 to 11.7 grams per 50 grams of product. Emergency food has a lipid content predicted 10.72 to 11.68 grams making it eligible. Lipids and oils as an effective source of energy is food substance that is important in maintaining the health of the human body. One gram of oils and lipids can produce 9 calories per gram. Zoumas *et al.* (2002), argues that the source of lipid recommended in the development of emergency food as a source of macro nutrients, the lipid source is derived from the partial hydrogenation of soybean, canola oil, and sunflower oil

Carbohydrate levels of emergency food produced in the range of 26.29 to 27.11 grams every 50 grams of product. Total carbohydrate is eligible for emergency food that is 23 to 35 grams per 50 grams of product donations valued at 40-50% of energy. Based on the above data, the prediction formula of emergency food has exceeded the minimum caloric value of the food emergency that is recommended in the amount of 233 kcal / bar with a protein content of 7.9 to 8.1 grams, 9.1 to 11.7 grams of lipid and 23 to 35 grams carbohydrate.

Determination of the amount of water and humectan

The purpose of wetting is producing emergency food that homogenous and easily swallowed. The water is used pre-heated to a temperature of 80°C to facilitate the dissolving and mixing. Amount of water added to the emergency food formula that has been determined by using mineral water that has been heated to a temperature of 80°C. Done gradually adding water until the dough is mixed to perfection. Homogeneous dough then subjectively limited sensory tested by researchers to obtain dough that is easy to swallow and does not cause thirst. Amount of water added to the formula can be seen in Table 4.

Table 4. Amount of water added to the emergency food formula

Formula	Amount of water (g)
I	47.3
II	40
III	40
IV	47.7
V	38.2
VI	39

Explanation : I = Canggal corn-tempeh flour; II = Pioneer corn-tempeh flour; III = Srikandi corn-tempeh flour; IV = Canggal corn-soybean flour; V = Pioneer corn-soybean flour; VI = Srikandi corn-soybean flour.

The amount of water added varied from 39 to 47.7 grams. Differences addition of water is affected by the composition formula, a formula that has a composition that is more on the addition of powdered milk and powdered sugar, adding more water. Milk powder and refined sugar has a smaller particle size compared with corn flour and soybean flour. According to Aini *et al.* (2010), small particles have a larger surface area that absorbs more water. That's what causes the IV formula requires more water.

Humectan is a substance that needs to be controlled its use. The use of sorbitol which include polyol group can affect the texture, flavor and acceptance. Determination of the amount of humectant performed in various concentrations alone (single humectants). The results were limited sensory subjectively by the researcher to feel the effects of adding a humectant aftertaste bitter.

The addition of sorbitol performed at three concentrations, namely 4, 5 and 6 percent, to know percentage of sorbitol can cause product aftertaste. Based on these trials, sorbitol was added at a concentration of 5 percent or 2.5 grams in each of the pieces (50 grams) of emergency food formula. In addition to not cause aftertaste, increase in the number also does not cause a laxative effect. The use of sorbitol classified as Generally Recognized As Safe (GRAS), but if consumed more than 50 grams / day will cause a laxative effect or diarrhea.

Nutrition content of product

The next research stage is emergency food the making of three varieties of corn. There are six emergency food products produced and analyzed nutritional value, as shown in Table 5.

Table 5. Nutrition content of emergency food

Sampel	Mineral content (% db)	Lipid content (% db)	Protein total (% db)	Carbohydrate (% db)
I	1,794	45,121	12,690	40,396
II	1,019	46,796	15,249	36,936
III	1,252	41,336	16,253	41,16
IV	1,851	47,831	14,556	35,762
V	1,072	50,487	13,382	35,058
VI	1,190	44,706	15,258	38,847

Explanation : I = Canggal corn-tempeh flour; II = Pioner corn-tempeh flour; III = Srikandi corn-tempeh flour; IV = Canggal corn-soybean flour; V = Pioneer corn-soybean flour; VI = Srikandi corn-soybean flour.

Protein content of emergency food was in range 12.69 percent to 16,253, equivalent to 6.345 to 8.124 grams per piece (50 grams). Based on the nutritional requirements of the emergency food should contain 7.9 to 8.1 grams of protein at each piece of the product (Zoumas, et al., 2002), so that the product is eligible III, namely Srikandi corn and tempeh flour. This product has a protein content of 16.253 percent, equivalent to 8.1265 grams of protein per 50 grams of product.

Emergency food protein content influenced the protein content of the corn flour. Srikandi corn flour has a protein content of 9.86 (% wb), higher than the Pioneer (7.35 percent) and Canggal (7.63 percent). In addition, soybean flour protein content (50.36 percent) is also higher than soybean meal (36.66 percent). Another influencing factor is the addition of high levels of protein in the manufacture of other materials emergency food is tempeh flour a 18 to 20 percent (9-10 grams) and full cream milk powder 10 to 12 percent (5 to 6 grams). Soybean flour and milk powder has high protein content, (50.46 and 25.93 percent). High levels of protein in these materials increase the protein content of food emergency.

In emergency food, the protein content is essential to meet the energy requirements of protein. According Zoumas *et al.* (2002), the recommended source of protein in the development of emergency food as a source of macronutrients, namely protein source derived from bean products such as concentrates or protein isolates; milk powder such as casein and its derivatives; mixture of basic ingredients of cereals and protein amino acids must have a score of ≥ 1.0 .

Improved quality protein supplementation can be done, that is by increasing the levels of limiting amino acids. This can be done by adding the limiting amino acids are pure or mixing two or more types of different protein sources the limiting amino acids. Corn has a limiting amino acid tryptophan, while soybeans have a limiting amino acid methionine. By taking these ingredients together then the lack of amino acids from each material can be covered. So the use of tempeh flour to increase the protein content of food emergency in this study was appropriate, because in addition to increasing the quantity of protein, the protein quality is also good.

Required lipids exist in food emergency number 9.1 to 11.7 grams per 50 grams of the product or the equivalent of 18.2 to 23.4 percent. Emergency food has a lipid content of 41,336 to 50,487 percent that is greater than the targeted lipid. Low lipid content is in a product III, which has a 41,336 percent lipid content. Corn flour used has a lipid content of 0.32 to 1.61 percent, while the soybean flour and soy flour has a lipid content of 24.7 and 6.74 percent. High levels of lipid due to the high oil addition are 12 to 16.6 percent and full cream milk powder 10 to 16 percent. To reduce levels of lipid in the product, it should be used skim milk powder which has a low lipid content, but the high protein content, so that the nutritional requirements is achieved.

Emergency food carbohydrate levels in the range of 35,058 to 17,529 or 41.16 percent to 20.68 grams per 50 grams of product. Total carbohydrate was lower than recommended, ie 23 to 35 grams per 50 grams of product donations valued at 40-50% energy. Carbohydrates have an important role in determining the characteristics of the material, such as flavor, color, texture and others. FAO / WHO indicate if the carbohydrate should be in sufficient quantity in the emergency food to give a sense of function, palatibilitas, stability and metabolic functions proportional.

The presence of sorbitol also affects the levels of carbohydrates. Sorbitol is a polyol compound belonging to the carbohydrates that can increase levels of carbohydrates. Sorbitol is hygroscopic and sweet taste, and can protect the components contained in the carbohydrate content of food. Sorbitol sweetness level is relatively the same as 0.5 to 0.7 times the sweetness of sucrose with a caloric value of 2.6 kcal / g, equivalent to 10.87 kJ / g.

The addition of sorbitol as a humectant done for emergency food has a water activity of 0.6 to 0.8. Water activity is the amount of free water that can be used by microbes for growth.

Water activity according to Maltini *et al.* (2003), is a thermodynamic concept that is becoming an important factor in the destruction of foodstuffs is generally caused by the activity of microorganisms. The water contained in the material, if the component is not strongly bound water is more difficult to use, both for microbiological activity and chemical hydrolytic activity. At a_w 0.6 to 0.8, the main characteristics of emergency food are expected to be achieved that is easy to swallow without dry sensation, can be directly consumed without further preparation and have a sufficient shelf life because microorganisms can not grow at specified intervals.

Emergency food product produced has a water activity in the range of 0.935 to 0.96. Water activity has not been achieved as expected, ie 0.6-0.8. This is presumably due to the addition of the amount of water that is not quite right or maybe because of the addition of sorbitol less effective in lowering water activity.

Characterization of selected products

Emergency food formula selected based on nutritional value, sensory properties and water activity approaching product requirements. Emergency food based on Srikandi corn flour and tempeh flour with an additional 2.5% of sorbitol has the lowest a_w 0.935. Based on the results obtained emergency food sensory testing is the most preferred and most fulfilling nutritional value. The product is composed of ingredients are 42 percent of Srikandi corn flour, 20 percent of soybean flour, 10 percent of milk powder, 16 percent of refined sugar and 12 percent of cooking oil. The results of the proximate analysis of selected emergency food can be seen in Table 6.

Table 6. Nutrition composition of selected emergency food

Types of nutrients	Composition of product (every 50 grams)	Emergency food standard
Protein content	8,1265	7,9 – 8,1
Lipid content	20.668	9,1 – 11,7
Carbohydrate content	20.58	23 – 35
Energi (kcal)	298.04	Minimal 233
Water activity	0.93	

The energy produced from this emergency food product as much as 298.04 kcal per piece, up from the prior addition of sorbitol, which is 241.55 kcal. There was an increase in emergency food calories after the addition of humectants. The addition of sorbitol or 2.5 grams of 5 percent can increase calorie emergency food to 2.6 kcal / gram. This is consistent with the results of Ahmad *et al.* (2007) that sorbitol is a carbon source that can provide additional energy to the product.

Total microbes and yeasts during Storage

Microbiological testing conducted on emergency food selected to determine the level of product safety. Security is one of the main characteristics of emergency food products (Sheu, 2007). Microbiological analysis of the stability of the products was conducted by storing the product in aluminum foil because the foil has low water vapor permeability. Selected products

are stored for up to four weeks for samples taken every week, then analysis of total microbes and fungi.

The total initial microbial contained on emergency food amounting 6.92×10^3 or 3.84 log CFU / g. After 4 weeks of total microbial growth has increased by 1.78 log CFU / g. Microbial growth in the first week of 3.47×10^4 or 4.54 log CFU / g, whereas after four weeks to reach 4.17×10^5 or 5.62 log CFU / g

Liu *et al.* (2009) explained that the growth of microbes in food is influenced by factors both internal and external factors. Intrinsic factors include pH, aw, Eh, nutrient content, structure and biological anti-microbial ingredients while external factors are influenced by the storage temperature, RH, kind and amount of gas in the environment. Aw levels were still high reaching 0.93 on emergency food because high levels of microbial growth. Total microbial and yeast growth during four weeks in selected emergency food can be seen in Figure 1.

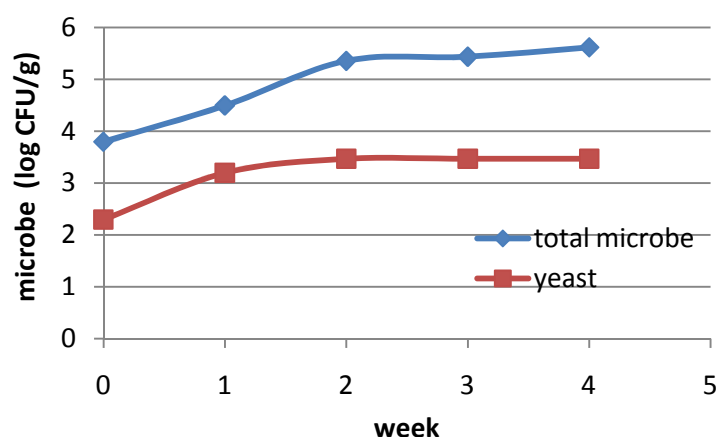


Fig 1. Total microbial and mold growth during four weeks

Emergency food on previous research refers to yangko and stuffing bakpia as intermediate moisture product that has a texture and taste similar. Yangko refers SNI 01-4325-1996 with a maximum value of microorganisms standard of 1×10^5 while stuffing bakpia refers SNI 01-4291-1996 with a maximum value of total microbial as 10^4 and maximum mold as 10^3 . Based on two standards, then the total microbes in the first and second week are safe to eat

However, visual observations of sensory characteristics by researchers indicate if the product is not allowed to be consumed because it has undergone changes in aroma and flavor. According Chen *et al.* (2010), the growth of microbes in the product can cause a change in the organoleptic and nutritional impairment can even cause poisoning and death

Total fungi also increased significantly from the beginning until the fourth week of storage. total mold at the beginning of the product as much as 1.99×10^2 or 2.3 log CFU / g. The first week of the mold increases up to 1 log or as much as 1×10^3 . In the fourth week of the product total calculation mold as much as 2.95×10^3 or 3.47 log CFU / g.

Total fungi also increased significantly from baseline to the fourth week. total mold at the beginning of the product as much as 1.99×10^2 or 2.3 log CFU / g. In the first week of fungi increased up to 1 log or as much as 1×10^3 . In the fourth week of the product total calculation mold as much as 2.95×10^3 or 3.47 log CFU / g.

The addition of sorbitol can have a dual role as a barrier to the growth of mold and plastic humectant for texture as well as help raise the level of dissolved solids in the liquid phase. According to Liu *et al.* (2009), that the water activity having an important role in inhibiting the growth of microorganisms. The water content in the food, especially the free water content greatly affects the durability of food against invading microorganisms represented by a_w .

Water activity has an important role in inhibiting the growth of microorganisms. The water content in the food, especially the free water content greatly affects the durability of food against invading microorganisms represented by a_w . (Sablani *et al.*, 2007) Selected products have high a_w is 0.93 which allows bacteria *Lactobacillus* to grow.

In addition to the high a_w , *Lactobacillus* growth is possible due to the composition of a complete nutritional products in high quantities. Protein, starch and lipid is a good medium for microbial growth so that microbes grow in considerable numbers (Gidenne *et al.*, 2004).

SUMMARY

Best prototype emergency food produced from Srikandi corn flour and tempeh flour. Its composition is 42 percent of corn flour, 20 percent of tempeh flour, 10 percent of full cream milk powder, 16 percent of sugar, and 12 percent of frying oil. Nutrient composition of each 50 grams of product was 8.1 g of protein, 20.67 g of lipid, 20.58 g of carbohydrate, and 298.04 kcal of energy. In terms of protein and energy, emergency food already meets the adequacy standard, which is the minimum energy 233 kcal / pieces and 7.9 to 8.1 g protein. Emergency food lipid content is too high (9.1 to 11.7 g), while the levels are too low carbohydrate (23-35 g). This product is swallowed easiest, most delicious, no bitter aftertaste, and most preferably compared to other formulas.

ACKNOWLEDGEMENT

This research can be conducted on the National Strategic Research fund in 2013 so pronounced thanks to the Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DP2M)

Dirjen Dikti, Kemendikbud. Our thanks are also submitted to Munirah Dinayati and Fitri Aprianti that have assistance this research.

REFERENCE

- Ahmad, T., N. A. Abbasi, I. A Hafiz And A. Ali. 2007. Comparison Of Sucrose And Sorbitol As Main Carbon Energy Sources In Micropropagation of Peach Rootstock GF-677. *Pak. J. Bot.*, 39(4): 1269-1275.
- Aini, N., P. Hariyadi, TR Muchtadi, N. Andarwulan. 2010. "Hubungan antara waktu fermentasi grits jagung putih dengan silipid gelatinisasi tepung jagung putih yang dipengaruhi ukuran partikel." *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan XXI* (1): 18-24
- Aini, N., V. Prihananto., G. Wijonarko. 2014. Karakteristik Kurva Isotherm Sorpsi Air Tepung Jagung Instant. *Agritech*. 34(1): 50 – 55.
- Chen, L., G.E. Remondetto, and M. Subirade. 2006. Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems. *Trends in Food Science & Technology* 17:272-283. DOI: 10.1016/j.tifs.2005.12.011
- Chen, Y.S., B.L. Liu., Y.N. Chang. 2010. Bioactivities and sensory evaluation of Pu-erh teas made from three tea leaves in an improved pile fermentation process. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 109 (6): 557-563. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2009.11.004
- Eklund-Jonsson, C, A.-S. Sandberg,, Alminger, ML. 2006. Reduction of phytate content while preserving minerals during whole grain cereal tempe fermentation. *Journal of Cereal Science* 44(2): 154-160. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.05.005

- Furmaniak, S., AP Terzyk, R Golembiewski, PA Gauden and L Czepriski 2009. "Searching the most optimal model of water sorption on foodstuffs in the whole range of relative humidity." *Food Research International* 42(8): 1203-1214. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.06.004
- Gidenne, T., N Jehl, A Lapanouse, and M Segura. 2004. Inter-relationship of microbial activity, digestion and gut health in the rabbit: effect of substituting fibre by starch in diets having a high proportion of rapidly fermentable polysaccharides. *British Journal of Nutrition* 92: 95–104 DOI: 10.1079/BJN20041173
- Hoisington, A., M. M. Manore, Raab, C. 2011. Nutritional Quality of Emergency Foods. *Journal of the American Dietetic Association* 111(4): 573-576. DOI: 10.1016/j.jada.2011.01.007
- Liu, X., Zhou, P., Tran, A., Labuza, TP. 2009. Effects of Polyols on the Stability of Whey Proteins in Intermediate-Moisture Food Model Systems. *J. Agric. Food Chem.* 57 (6), pp 2339–2345. DOI: 10.1021/jf802789y
- Magkos, F., F. Arvaniti, et al. (2004). "Nutritional risk following a major disaster in a previously well-nourished population: who is vulnerable?" *Public Health* **118**(2): 143-145.
- Maltini, E., D. Torreggiani, E. Venir., and G. Bertolo. 2003. "Water activity and the preservation of plant foods." *Food Chemistry*. 82(1): 79-86. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00581-2
- Mulloy, A., R. Lang, M. O'Reilly, J. Sigafoos, . G. Lancioni, M. Rispoli. 2010. "Gluten-free and casein-free diets in the treatment of autism spectrum disorders: A systematic review." *Research in Autism Spectrum Disorders* 4(3): 328-339. DOI: 10.1016/j.rasd.2009.10.008

- Rivera, A.F., and D.M. Char. 2004. Emergency department disaster preparedness: Are Regional efforts reaching local front lines? *Annals of Emergency Medicine* 44:S94-S94.
- Sablani, SS., S. Kasapis, and M. Rahman. 2007. Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. *Journal of Food Engineering*. 78(1): 266–271. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.09.025
- Scott, C. E. and A. L. Eldridge 2005. Comparison of carotenoid content in fresh, frozen and canned corn. *Journal of Food Composition and Analysis* 18(6): 551-559. DOI: 10.1016/j.jfca.2004.04.001
- Sheu, J.-B. (2007). An emergency logistics distribution approach for quick response to urgent relief demand in disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 43(6): 687-709. DOI: 10.1016/j.tre.2006.04.004.
- Tyug, T. S., K. N. Prasad, A. Ismail. 2010. Antioxidant capacity, phenolics and isoflavones in soybean by-products. *Food Chemistry* 123(3): 583-589. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.04.074
- Zoumas, B.L., L.E. Armstrong, J.R. Backstrand, W.L. Chenoweth, P.Chinachoti, B.P. Klein, H.W. Lane, K.S. Marsh, and M.Tolvanen. 2002. *High-Energy, Nutrien Dense Emergency Relief Food Product*. Food and Nutrition Board: Institute of Medicine. National. Academy Press, Wmineralington DC.