

MIKROENKAPSULASI MINERAL BESI DAN SENG DALAM PEMBUATAN MAKANAN TAMBAHAN UNTUK BALITA GIZI KURANG

(ENCAPSULATED IRON AND ZINC TO OVERCOME UNDERWEIGHT BALITA (UNDER FIVE OF AGE CHILDREN))

Lilik Kustiyah¹⁾, Faisal Anwar¹⁾, Mira Dewi¹⁾

ABSTRACT

As a health problem, prevalence of severe underweight in Indonesia is still high. Riskesdas 2008 indicate that prevalence of severe underweight and underweight in Indonesia are 5.5% and 13.0%, respectively. Effort to overcome that problem are still focused on severe underweight children, so need to anticipate of getting worse of underweight ones of being fell into severe underweight. The aim of this research is to make RUF fortified by encapsulated iron and zinc to overcome underweight balita (under five of age children). First step of this research is making flour from rice, soybean, cassava, sweet potato and taro with proceeded by two kinds of treatment, i.e. physic method (using high temperature and pressure) and soaking in solution of Na_2HCO_3 (1.5% and 2.0%). Drum dryer was applied to dry the ingredient (rice, soybean, cassava, sweet potato and taro) and then milled using disc mill. Microencapsulation of iron and zinc was using arabic gum and maltodextrin (80:20 and 70:30) and concentration of iron or zinc each is 5.0% and 7.5%. Then, assays of stability of microencapsulated iron and zinc, and their bioavailability (in vitro and in vivo). Before mixed with minerals, 12 combinations of flour (3 kinds of tuber x 2 cooking time x 2 concentration of Na_2CO_3) are tested by hedonic test to choose the best preferences of that combination of ingredients of porridge. Based on technical, economical, and technological considerations, and acceptability, mixed of rice, soybean, and sweet potato is selected as based ingredients of porridge. There is no color and odor change or even crystalline forming during more than one month of storing of microencapsulated iron and zinc. Bioavailability (in vitro) of Fe is around 15,48% to 17,05% and Zn is around 6,05% to 6,36%.

Keyword: Ready-to-use food, encapsulated mineral, porridge, underweight balita.

ABSTRAK

Sebagai masalah kesehatan maka masalah balita kurang gizi masih tinggi penderitanya. Laporan Riskesdas tahun 2008 menunjukkan bahwa di Indonesia masalah balita gizi buruk dan balita kurang gizi masih tinggi dengan prosentase masing-masing 5,5 % dan 13 %. Upaya untuk menyelesaikan masalah tersebut sudah dilakukan namun masih terfokus pada masalah balita gizi buruk sehingga masih diperlukan upaya untuk mencegah jangan sampai penderita balita kurang gizi menjadi penderita gizi buruk. Langkah pertama dalam melakukan penelitian ini adalah membuat tepung dari beras, kacang kedelai, singkong, ubi manis dan taro yang kemudian diproses menjadi dua perlakuan yaitu metoda fisik (menggunakan suhu dan tekanan) dan "dicampur" didalam campuran Na_2HCO_3 (1.5% dan 2%). Drum pengering digunakan untuk mengaplikasikan dengan adonan kering (beras, kacang kedelai, singkong, ubi manis dan taro) dan kemudian digiling. Mengkapsulkan "besi dan zinc" dilakukan menggunakan lem arab dan maltodextrin (80:20 dan 70:30) dan konsentrasi dari "besi atau zinc" masing-masing adalah 5.0 % dan 7.5%. Kemudian menstabilkan mikroenkapsul besi dan zinc dan bioavailabilitasnya (in vitro dan in vivo). Sebelum dicampur dengan mineral-mineral, 12 kombinasi dari tepung (3 macam tabung x 2 waktu pemasakan x 2 konsentrasi Na_2CO_3) dicoba dengan test hedonic untuk memilih pilihan terbaik dari kombinasi nutrisi dan buburnya. Berdasarkan atas pertimbangan teknis, ekonomis dan teknologi dan akseptibilitas, maka campuran beras, kacang kedelai dan ubi manis dipilih sebagai baha-bahan nutrisi untuk bubur. Tidak ada perubahan bentuk maupun bau atau kristalisasi yang terbentuk meskipun sudah disimpan selama 1 bulan. Bioavailabilitas (in vitro) bes adalah sekitar 14.48 % hingga 17.05 % dan Zn adalah antara 6.05 % hingga 6.36%.

Kata kunci: Makanan siap pakai, enkapsulasi mineral, bubur, balita.

¹⁾Dep. Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor.

PENDAHULUAN

Prevalensi gizi buruk di Indonesia sampai saat ini masih cukup tinggi dan merupakan masalah kesehatan nasional. Data Riskesdas tahun 2007 menunjukkan bahwa prevalensi gizi buruk di Indonesia adalah sebesar 5.4 % dan gizi kurang sebesar 13.0 %. Terdapat 19 propinsi yang mempunyai prevalensi gizi buruk dan gizi kurang berada di atas prevalensi nasional. Berdasarkan data bahwa masih banyak propinsi dan kabupaten/kota dengan prevalensi gizi kurang/buruk yang tinggi, maka Depkes sudah menempatkan kegiatan penanggulangan anak gizi buruk dan anak gizi kurang sebagai prioritas utama (Depkes 2008).

Upaya penanganan masalah kurang gizi hingga saat ini masih terfokus pada penderita gizi buruk, sementara penderita gizi kurang belum cukup mendapat perhatian. Tiadanya intervensi gizi bagi penderita gizi kurang dapat memunculkan persoalan kesehatan masyarakat yang lebih serius karena penderita gizi kurang sangat mudah dapat terjatuh ke dalam kondisi gizi buruk. Oleh karena itu, anak yang mengalami keadaan kurang gizi memerlukan makanan yang bermutu dari segi gizi baik kuantitas maupun kualitas secara terus-menerus, yakni paling sedikit selama tiga bulan (WHO, 1999b).

Untuk penanganan anak gizi kurang, telah dikembangkan makanan tambahan siap makan yang terbukti efektif untuk memperbaiki status gizi (Manary 2005, Ciliberto *et al.*, 2005, Sandige *et al.*, 2004). Makanan ini dapat berupa bubur semi instan atau pasta dengan penambahan vitamin dan mineral sesuai dengan petunjuk WHO (1999a). Dalam pelaksanaannya, penanggulangan anak gizi kurang lebih banyak menggunakan makanan pabrikan atau biskuit hasil industri besar, sehingga tidak mendidik masyarakat untuk dapat menyediakannya secara mandiri/swadaya. Untuk itu perlu dilakukan pengembangan makanan tambahan yang tepat dan sesuai dengan pola konsumsi masyarakat dengan menggunakan bahan dasar lokal.

Anak yang mengalami masalah kurang gizi biasanya mengalami kekurangan mineral besi dan seng dalam tingkat yang berat, sehingga diperlukan intervensi untuk mengatasi masalah kekurangan mineral besi dan seng melalui penambahan (fortifikasi) mineral besi (Fe) dan seng (Zn) tersebut dalam bahan makanan yang dikonsumsi. Penggunaan mineral besi dan seng diperlukan secara bersamaan, akan tetapi kalau penggunaan dilakukan secara bersamaan mineral besi dan seng cenderung mengalami interaksi. Adanya interaksi ini dapat menyebabkan penurunan bioavailabilitas salah satu

dari mineral, sehingga fortifikasi tidak mencapai sasaran. Selain itu, penambahan Fe dalam bahan makanan seringkali mengurangi daya terima karena warna makanan menjadi kurang menarik dan menimbulkan bau yang khas. Oleh karena itu, diperlukan teknologi fortifikasi agar tujuan untuk memperkaya bahan makanan dengan mineral besi (Fe) dan seng (Zn) bisa tercapai secara efektif dan tidak mengurangi daya terima bahan makanan.

Untuk mengatasi masalah tersebut, penambahan mineral besi dan seng dilakukan dengan proses mikroenkapsulasi. Melalui proses mikroenkapsulasi, kedua mineral yang diharapkan dapat tersedia dalam bahan makanan dan dapat mengurangi terjadinya interaksi kedua mineral karena molekul mineral akan tersalut. Selain itu, mikroenkapsulasi juga dapat mengurangi bau tidak sedap yang timbul akibat penggunaan mineral besi yang seringkali menyebabkan kurang diterimanya produk.

Bentuk bubur adalah jenis makanan yang sangat biasa atau familiar bagi masyarakat sehingga diharapkan penerimaan terhadap jenis makanan ini akan sangat mudah. Selain itu, teknologi yang digunakan juga sangat sederhana dan bahan dasar cukup tersedia di pasar karena diproduksi dalam negeri

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk membuat makanan tambahan yang difortifikasi dengan mineral besi dan seng untuk menanggulangi masalah gizi kurang pada balita. Adapun tujuan khususnya adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan formula makanan tambahan siap dikonsumsi (*ready-to-use food*, RUF) berupa bubur semi instan untuk balita gizi kurang berbahan dasar pangan lokal (beras, singkong, ubi jalar, talas, dan kedelai)
2. Menganalisis daya terima/mutu organoleptik RUF
3. Menganalisis kandungan gizi bahan dasar RUF dan campurannya
4. Mengembangkan mikroenkapsulasi Fe dan Zn pada produk RUF
5. Menganalisis stabilitas mineral yang dienkapsulasi
6. Menganalisis bioavailabilitas (secara *in vitro*) mineral besi dan seng yang dienkapsulasi
7. Menganalisis bioavailabilitas protein serta mineral besi dan seng yang dienkapsulasi dalam produk RUF secara *in vivo*

Penelitian ini sangat bermanfaat bagi Departemen Kesehatan, khususnya Puskesmas sebagai alternatif dalam penyediaan makanan tambahan dalam rangka penanggulangan anak gizi

kurang. Penelitian ini juga bermanfaat bagi masyarakat secara luas karena makanan tambahan yang merupakan produk hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai alternatif dalam penanggulangan anak gizi kurang melalui Posyandu atau dilakukan secara mandiri di rumah oleh masyarakat karena sangat praktis prosesnya dengan menggunakan bahan baku lokal yang mudah ditemukan di pasaran.

Selain itu, penggunaan bahan lokal sebagai bahan dasar dalam pembuatan makanan tambahan ini diharapkan akan meningkatkan permintaan terhadap bahan lokal dan lebih lanjut berdampak pada peningkatan kesejahteraan petani setempat. Penggunaan bahan lokal juga diharapkan bisa mempunyai penerimaan yang baik dari masyarakat setempat karena masyarakat sudah biasa mengkonsumsinya.

BAHAN DAN METODE

Pada tahun pertama dilakukan pembuatan formula makanan tambahan siap makan (*ready-to-use food/RUF*) untuk anak gizi kurang. Formula RUF yang dibuat berbentuk bubur semi instan dan difortifikasi dengan mineral besi dan seng yang dienkapsulasi.

Ada dua hal utama yang akan dikaji dalam penelitian ini, yaitu mikroenkapsulasi mineral besi dan seng serta pembuatan RUF yang difortifikasi mineral besi dan seng tersebut.

Pengembangan Produk Makanan Tambahan Siap Dikonsumsi (RUF)

Produk RUF yang dikembangkan adalah berbahan dasar beras dan singkong (ubi kayu), ubi jalar, atau talas serta tepung kedelai

Persiapan bahan dasar RUF tersebut dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan dan Percobaan Makanan serta Laboratorium Analisis Zat Gizi, Departemen Gizi Masyarakat, FEMA, IPB. Untuk proses pengeringan bahan dasar tersebut adalah menggunakan *drum drier* yang ada di *Pilot Plan*, SEAFast-CENTER, IPB. Demikian pula untuk proses enkapsulasi mineral besi dan seng juga dilaksanakan di *Pilot Plan*, SEAFast-CENTER, IPB.

Persiapan bahan dasar, yaitu pembuatan tepung bahan dasar dan mikroenkapsulasi mineral tersebut dilaksanakan pada bulan September sampai Oktober 2010. Sedangkan uji bioavailabilitas protein serta mineral besi dan seng dengan menggunakan tikus dilaksanakan pada bulan November sampai Desember 2010.

Pembuatan bahan dasar makanan tambahan

Persiapan awal bahan dasar adalah pembuatan tepung dari beras, singkong, ubi jalar, talas dan kedelai. Tahapan proses pembuatan tepung bahan dasar ini pada prinsipnya diawali dengan pembersihan (pencucian dan/atau pengupasan) bahan dasar, pengecilan ukuran ubi (kecuali beras dan kedelai), perendaman, penirisan, pemasakan dengan menggunakan *autoclave*, pengeringan dengan menggunakan *drum drier* dan penepungan dengan *disc mill*.

Agar bubur yang dibuat nanti bersifat semi instan, maka ada dua metode persiapan bahan dasar yang digunakan, yaitu secara fisik dan kimia. Perlakuan secara fisik, yaitu menggunakan suhu tinggi (100°C) dan tekanan tinggi (1 atm) dengan *autoclave*. Perendaman bahan dasar (beras, singkong, ubi jalar dan kedelai) sebelum dimasak dengan menggunakan *autoclave* (selama 15 atau 30 menit) adalah dengan menggunakan air biasa selama 30 menit. Sedangkan untuk talas, perendam yang digunakan adalah asam sitrat (sampai pH 4). Sedangkan perendaman secara kimia adalah perendaman bahan dasar dengan menggunakan bahan kimia berupa soda kue (Na_2HCO_3) dengan konsentrasi 1.5% dan 2.0%.

Mikroenkapsulasi mineral besi dan seng

Mikroenkapsulasi adalah suatu proses dimana suatu bahan disalut dengan bahan atau komponen lain. Bahan yang disalut biasanya adalah berbentuk cairan atau padatan dan bahan ini biasa disebut bahan inti, sedangkan bahan yang melapisi disebut bahan pengisi atau penyalut. Bahan inti yang digunakan dalam penelitian ini adalah mineral besi dan mineral seng. Kedua mineral tersebut dienkapsulasi sebelum digunakan untuk fortifikasi RUF. Pemilihan mineral besi dan seng sebagai bahan fortifikasi adalah untuk meningkatkan asupan kedua jenis mineral ini karena anak yang kekurangan gizi umumnya mengalami defisiensi berat mineral besi dan seng. Mikroenkapsulasi mineral bertujuan untuk menghindari interaksi antar mineral jika dalam fortifikasi digunakan lebih dari satu jenis mineral.

Untuk melakukan enkapsulasi mineral besi dan seng digunakan dua jenis bahan penyalut, yaitu gum arab dan maltodekstrin. Proporsi gum arab: maltodekstrin adalah 80:20 dan 70:30. Sedangkan proporsi masing-masing mineral besi atau seng terhadap bahan penyalut adalah 5 % dan 7.5 %.

Tahapan proses enkapsulasi mineral adalah pembuatan larutan gum arab dan maltodekstrin dalam aquades dengan konsentrasi 10 %. Setelah itu ditambahkan mineral besi sulfat atau seng sulfat dan

selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan *spray dryer*. Mineral besi dan seng yang sudah dienkapsulasi selanjutnya diuji stabilitasnya serta dianalisis bioavailabilitasnya secara *in vitro*. Uji stabilitas mineral yang dienkapsulasi dilakukan dengan cara mengamati perubahan warna, aroma/bau dan kemungkinan pembentukan kristal selama periode tertentu.

Pembuatan bubur semi instan

Jenis produk yang dikembangkan untuk RUF adalah berupa bubur semi instan. Jenis bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan bubur semi instan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis bahan dasar dan mineral yang digunakan dalam RUF.

Kelompok	Jenis
Bahan dasar	- Beras + kedelai + singkong - Beras + kedelai + ubi jalar - Beras + kedelai + talas
Mineral	- Besi (Fe) enkapsulasi + Seng (Zn) enkapsulasi - Besi (Fe) enkapsulasi + Seng (Zn) non-enkapsulasi - Besi (Fe) non-enkapsulasi + Seng (Zn) enkapsulasi - Besi (Fe) non-enkapsulasi + Seng (Zn) non-enkapsulasi

Sebelum campuran bahan dasar tersebut difortifikasi dengan mineral besi dan seng (empat kombinasi mineral seperti terlihat pada Tabel 1), maka dilakukan uji organoleptik (uji hedonik) terhadap bubur yang dibuat dari ketiga jenis campuran bahan dasar, yaitu campuran beras + kedelai + singkong, beras + kedelai + ubi jalar, serta beras + kedelai + talas. Proporsi campuran beras:

kedelai : ubi masing-masing adalah 60:20:20. Air dan garam yang ditambahkan pada masing-masing campuran ditentukan berdasarkan ujicoba terlebih dahulu dan untuk menentukan pilihan campuran bahan dasar yang paling diterima adalah dengan uji hedonik.

Adapun aspek yang diuji organoleptik adalah warna, aroma, rasa dan tekstur dengan skala uji 1 (amat sangat tidak suka) sampai 9 (amat sangat suka). Berdasarkan uji organoleptik ini akan dipilih satu (1) jenis campuran bahan dasar yang akan difortifikasi dengan mineral yang akan digunakan dalam penelitian menggunakan tikus percobaan. Komposisi bahan dasar dan mineral formula RUF disajikan pada Tabel 2.

Sebelum dilakukan formulasi RUF dengan mineral, maka dilakukan pencampuran bahan dasar dengan proporsi beras : ubi (singkong/ubi jalar/talas): kedelai adalah 60:20:20 (Tabel 4). Pada hasil pencampuran bahan dasar tersebut (3 formula, yakni beras-singkong-kedelai, beras-ubi jalar-kedelai, dan beras-talas-kedelai) dilakukan uji organoleptik dan analisis kandungan gizinya.

Berdasarkan hasil uji organoleptik, maka dipilih satu jenis campuran bahan dasar yang selanjutnya akan dilakukan penambahan mineral besi dan seng dalam berbagai kombinasi antara yang dienkapsulasi dan yang tidak dienkapsulasi seperti yang terlihat pada Tabel 2 serta kemudian dibuat menjadi produk bubur.

Analisis bahan dasar RUF

Kandungan gizi yang dianalisis meliputi kadar air, abu, lemak, protein dan karbohidrat. Analisis tersebut dilakukan pada masing-masing bahan dasar dan campuran bahan dasar dengan proporsi beras : ubi : kedelai adalah 60:20:20. Bubur yang terbuat dari campuran tiga jenis bahan dasar akan diuji organoleptik untuk menentukan tingkat kesukaan panelis.

Tabel 2. Komposisi bahan dasar dan mineral produk RUF.

Formula	Beras (g)	Singkong/ubi jalar/talas (g)	Kedelai (g)	Fe enkap (mg)	Fe non- enkap (mg)	Zn enkap (mg)	Zn non- enkap (mg)
BUFZ	60	20	20	20	-	20	-
BUF	60	20	20	20	-	-	20
BUZ	60	20	20	-	20	20	-
BU	60	20	20	-	20	-	20

Keterangan :

BUFZ =bubur beras-ubi-kedelai dengan Fe enkapsulasi dan Zn enkapsulasi

BUF =bubur beras-ubi-kedelai dengan Fe enkapsulasi dan Zn non-enkapsulasi

BUZ =bubur beras-ubi-kedelai dengan Fe non-enkapsulasi dan Zn enkapsulasi

BU =bubur beras-ubi-kedelai dengan Fe non-enkapsulasi dan Zn non-enkapsulasi

Enkap =enkapsulasi

Mineral yang dienkapsulasi dianalisis bioavailabilitasnya secara *in vitro*. Bioavailabilitas protein dan mineral selanjutnya akan dianalisis dengan menggunakan tikus jantan *Sprague Dawley*. Sebelum diberi perlakuan, tikus tersebut memasuki masa adaptasi selama lima (5) hari. Selama masa adaptasi, tikus mendapatkan ransum standar AOAC.

Ada tujuh (7) kelompok tikus yang akan diberi perlakuan dan masing-masing kelompok tersebut terdiri dari enam (6) ekor tikus. Dengan demikian, jumlah tikus yang digunakan dalam penelitian ini secara keseluruhan adalah sebanyak 42 ekor.

Masing-masing kelompok tikus tersebut akan diberi perlakuan ransum standar AOAC, ransum rendah/non-protein, ransum produk makanan tambahan (RUF) yang tidak difortifikasi mineral, ransum RUF yang difortifikasi mineral Fe enkapsulasi dan Zn enkapsulasi, ransum RUF yang difortifikasi mineral Fe enkapsulasi dan Zn non-enkapsulasi, ransum RUF yang difortifikasi mineral Fe non-enkapsulasi dan Zn enkapsulasi, serta ransum RUF yang difortifikasi mineral Fe non-enkapsulasi dan Zn non-enkapsulasi.

Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh ditabulasikan dan dianalisis secara deskriptif, uji beda dan ANOVA. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap daya terima, yang diuji dengan uji hedonik, maka dilakukan analisis ANOVA. Untuk mengetahui keberadaan perbedaan pengaruh perlakuan terhadap masing-masing kelompok tikus perlakuan, maka akan dilakukan uji beda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Formulasi Makanan Tambahan Siap untuk Dikonsumsi (RUF)

Persiapan bahan dasar RUF sebelum ditepungkan ada dua metode, yaitu cara fisik dan kimia. Cara fisik adalah dengan menggunakan panas tinggi, yaitu 100°C dan tekanan 1 atm selama 15 dan 30 menit. Cara kimia adalah penggunaan Na_2HCO_3 untuk merendam bahan dasar dengan konsentrasi 1.5% dan 2.0%. Dengan demikian terdapat 2 kombinasi bahan dasar yang berasal dari 3 (jenis ubi) x 2 (lama pemasakan) x 2 (konsentrasi Na_2HCO_3). Proporsi campuran beras : kedelai : ubi adalah 60:20:20.

Uji Organoleptik Bahan Dasar RUF

Uji organoleptik dilakukan terhadap 12 produk bubur hasil kombinasi tiga (3) jenis bahan dasar.

Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa jenis kombinasi tepung bahan dasar bubur berpengaruh nyata ($p < 0,05$) pada penerimaan panelis terhadap warna, aroma, dan rasa meskipun tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) pada penerimaan panelis terhadap tekstur bubur.

Berdasarkan hasil uji organoleptik tersebut dapat diketahui bahwa jenis bubur yang memenuhi ketiga aspek, yaitu warna, aroma, dan rasa adalah yang terbuat dari campuran beras+kedelai+talas yang dimasak selama 15 menit, campuran beras+kedelai+ubi jalar yang dimasak selama 15 menit, dan campuran beras+kedelai+singkong yang direndam larutan Na_2HCO_3 1,5%.

Berdasarkan pertimbangan teknis dan ekonomis, maka bahan dasar bubur yang memenuhi ketiga aspek tersebut adalah campuran beras+kedelai+ubi jalar yang dimasak selama 15 menit. Oleh karena itu, pada tahapan penelitian selanjutnya bahan dasar yang digunakan adalah campuran beras, kedelai dan ubi jalar.

Kandungan Gizi Bahan Dasar RUF

Kandungan gizi bahan dasar diestimasi dengan analisis proksimat yang meliputi kadar air, kadar protein, kadar lemak, kadar abu dan kadar karbohidrat. Hasil analisis kandungan zat gizi bahan dasar dan campuran bahan dasar makanan tambahan siap makan (RUF) bagi balita gizi kurang disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan data pada Tabel 3 diketahui bahwa kelima jenis tepung dan tiga campuran bahan dasar RUF yang dihasilkan memiliki kadar air di bawah kadar air yang disyaratkan oleh SNI tepung beras dan terigu sebagai bahan makanan dimana syarat mutu kadar air maksimal tepung beras adalah 13% (bb) dan pada tepung terigu sebagai bahan makanan sebesar 14,5% (bb).

Berdasarkan SNI, syarat mutu kadar abu maksimal pada tepung beras adalah 1% dan pada terigu maksimal sebesar 0,6% (b/b). Dengan demikian, kadar abu yang sesuai dengan syarat mutu SNI hanya ditunjukkan oleh tepung beras. Kandungan abu yang cukup tinggi pada bahan pangan menggambarkan secara kasar jumlah mineral yang terkandung di dalam bahan pangan tersebut.

Kadar lemak yang lebih rendah diharapkan dalam pembuatan tepung karena mutu tepung akan lebih stabil dan cenderung tidak mudah rusak. Kadar lemak yang tinggi akan membuat tepung mudah tengik. Salah satu penyebab ketengikan tepung adalah oksidasi lemak. Suhu pengeringan yang terlalu tinggi akan menyebabkan oksidasi lemak dalam

bahan pangan menjadi lebih besar dibandingkan dengan suhu pengeringan yang lebih rendah.

Berdasarkan SNI, syarat mutu kadar protein tepung terigu minimal sebesar 7% (b/b) sehingga tepung singkong, tepung ubi jalar dan tepung talas tidak memenuhi syarat mutu SNI jika dibandingkan dengan kadar protein tepung terigu sebagai bahan makanan. Berbeda dengan bahan dasarnya, kadar protein masing-masing campuran bahan dasar makanan tambahan dengan penambahan 20% kedelai, maka dapat meningkatkan kandungan proteinnya sehingga telah memenuhi syarat mutu SNI tepung terigu sebagai bahan makanan. Perbaikan kadar protein tersebut disebabkan karena penambahan tepung kedelai yang memiliki kadar protein yang tinggi.

produk enkapsulasi mineral pada masing-masing proporsi bahan penyalut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rendemen mikroenkapsulasi mineral besi dan seng pada proporsi bahan penyalut dan konsentrasi mineral yang berbeda.

Proporsi bahan penyalut	Rendemen (%)	
	FeSO ₄	ZnSO ₄
Gum arab : maltodekstrin = 80 : 20		
Konsentrasi mineral 7.5 %	68,21	74,72
Konsentrasi mineral 5.0 %	72,38	79,04
Gum arab : maltodekstrin = 70 : 30		
Konsentrasi mineral 7.5 %	71,62	70,07
Konsentrasi mineral 5.0 %	69,52	68,25

Tabel 3. Kandungan gizi (% bk) bahan dasar makanan tambahan (RUF) bagi balita gizi kurang.

Komponen (%)	Bahan							
	Tepung Beras	Tepung Singkong	Tepung Ubi Jalar	Tepung Talas	Tepung Kedelai	Camp BKS	Camp BKU	Camp BKT
Air *	10.20	7.15	8.06	7.84	6.92	9.73	9.90	10.24
Abu	0.74	3.49	2.01	4.13	5.30	3.23	2.85	3.59
Lemak	0.63	0.77	0.61	0.81	23.61	5.33	5.05	5.33
Protein	7.98	2.90	3.30	6.49	37.03	12.55	12.68	13.56
Karbohidrat	90.65	92.84	94.09	88.57	34.06	78.90	79.43	77.52

Keterangan:

*dinyatakan dalam persen (%) berat basah

Bk = berdasarkan berat kering

Camp BKS = Campuran beras : kedelai : singkong dengan proporsi 60 : 20 : 20

Camp BKU = Campuran beras : kedelai : ubi jalar dengan proporsi 60 : 20 : 20

Camp BKT = Campuran beras : kedelai : talas dengan proporsi 60 : 20 : 20

Perhitungan kadar karbohidrat di dalam tepung-tepungan yang menjadi bahan dasar makanan tambahan (RUF) adalah menggunakan metode karbohidrat *by difference*, yaitu hasil pengurangan 100 persen dengan kadar air, abu, protein, dan lemak. Dengan demikian kadar karbohidrat bergantung pada faktor pengurangnya. Oleh karena itu apabila total faktor pengurang tersebut (total kadar air, abu, protein, dan lemak) meningkat, maka akan menurunkan kadar karbohidrat bahan tersebut.

Mikroenkapsulasi Mineral Besi dan Seng

Bahan penyalut yang digunakan dalam penelitian ini adalah gum arab dan maltodekstrin. Perbandingan gum arab : maltodekstrin adalah 80:20 dan 70:30. Sedangkan proporsi mineral besi atau seng : bahan penyalut adalah 1:10. Rendemen

Rendemen FeSO₄ adalah berkisar antara 68,21 % sampai 72,38 %, sedangkan rendemen ZnSO₄ adalah cenderung lebih tinggi dan berkisar antara 68,25 % sampai 79,04%. Rendemen kedua mikroenkapsulat mempunyai kemiripan, yakni yang tertinggi ditemukan pada bahan penyalut gum arab : maltodekstrin dengan proporsi 80 : 20 pada konsentrasi mineral terhadap bahan penyalut 5% (Tabel 4).

Stabilitas Mikroenkapsulasi Mineral Besi dan Seng

Indikator yang digunakan untuk menentukan stabilitas mikroenkapsulasi adalah keberadaan perubahan warna dan bau (aroma) serta kemungkinan pembentukan kristal. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap mineral yang telah dienkapsulasi menunjukkan bahwa selama sebulan lebih penyimpanan, mineral yang dienkapsulasi

belum menunjukkan perubahan, baik dari segi warna maupun bau serta pembentukan kristal. Hal ini mengindikasikan bahwa mineral yang dienkapsulasi bersifat stabil meskipun dikemas dalam plastik biasa dan disimpan pada suhu ruang.

Bioavailabilitas Mineral Besi dan Seng secara *in vitro*

Bioavailabilitas besi atau seng merupakan jumlah besi atau seng yang tersedia dalam bahan pangan yang dapat diabsorpsi dan dimanfaatkan oleh tubuh. Analisis bioavailabilitas besi atau seng dengan menggunakan metode *in vitro* merupakan simulasi dari sistem pencernaan makanan pada saluran gastrointestinal (Roig *et al.*, 1999). Pengujian bioavailabilitas mineral secara *in vitro* hanya menunjukkan jumlah mineral yang dapat diserap dan tidak sampai tahap penggunaan (*utility*). Hasil analisis bioavailabilitas mineral besi (Fe) dan seng (Zn) disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Bioavailabilitas besi (Fe) dan seng (Zn) pada mikroenkapsulat.

Proporsi bahan penyalut	Bioavailabilitas Fe (%)	Bioavailabilitas Zn (%)
Gum arab : maltodekstrin = 80 : 20		
Konsentrasi mineral 7.5 %	17.05	6.36
Konsentrasi mineral 5.0 %	15.48	6.29
Gum arab : maltodekstrin = 70 : 30		
Konsentrasi mineral 7.5 %	16.09	6.18
Konsentrasi mineral 5.0 %	16.09	6.05

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa bioavailabilitas besi (Fe) pada mikroenkapsulat Fe berkisar antara 15,48 sampai 17,05, sedangkan bioavailabilitas seng (Zn) pada mikroenkapsulat Zn berkisar antara 6,05 sampai 6,36. Berdasarkan hasil uji ragam menunjukkan bahwa proporsi penyalut dan konsentrasi mineral yang berbeda adalah tidak berpengaruh secara nyata ($p > 0,05$) terhadap bioavailabilitas (*in vitro*) mineral besi maupun seng pada mikroenkapsulat. Dengan demikian pada penelitian selanjutnya digunakan mineral besi yang dienkapsulasi dengan bahan penyalut (gum arab : maltodekstrin = 70 : 30) dengan konsentrasi 7,5% serta

mineral seng yang dienkapsulasi dengan bahan penyalut (gum arab : maltodekstrin = 80 : 20) dengan konsentrasi 7,5%). Hal ini dilandasi oleh lebih mudahnya maltodekstrin dibandingkan dengan gum arab untuk didegradasi selama pencernaan, sehingga

diharapkan mineral besi lebih cepat diserap dan tersedia dibandingkan dengan seng yang dienkapsulasi dengan proporsi maltodekstrin yang lebih rendah dan gum arab yang lebih banyak.

Kedua proporsi bahan penyalut dipilih untuk masing-masing mineral dengan tujuan untuk menghindari terjadinya interaksi antar mineral selama dalam saluran pencernaan. Mineral besi yang lebih mudah dicerna dengan bioavailabilitas tinggi memungkinkan untuk lebih cepat diserap, sedangkan mineral seng yang lebih lambat dicerna dan bioavailabilitasnya yang lebih rendah sehingga lebih lambat diserap dan tersedia. Dengan demikian diharapkan interaksi antar mineral dapat dihambat atau dikurangi. Oleh karena itu, kedua komposisi jenis penyalut yang digunakan dalam pembuatan mikroenkapsulasi mineral besi dan seng yang digunakan untuk penelitian selanjutnya adalah masing-masing untuk mineral besi proporsi gum arab : maltodekstrin = 70 : 30, sedangkan untuk mineral seng proporsi gum arab : maltodekstrin = 80 : 20 dengan konsentrasi masing-masing sebesar 7,5%.

KESIMPULAN

Berdasarkan pertimbangan aspek teknis, ekonomis, dan teknologi serta daya terima, maka campuran bahan dasar yang digunakan adalah beras, kedelai dan ubi jalar yang dimasak selama 15 menit. Proporsi beras:kedelai:ubi jalar adalah 60:20:20. Kandungan gizi tepung bahan dasar pada umumnya sudah memenuhi persyaratan SNI.

Rendemen mikroenkapsulat FeSO_4 adalah berkisar antara 68,21% sampai 72,38%, sedangkan rendemen ZnSO_4 adalah berkisar antara 68,25 sampai 79,04%. Selama sebulan lebih penyimpanan, mineral yang dienkapsulasi bersifat relatif stabil dan belum menunjukkan perubahan, baik dari segi warna maupun bau serta tidak terlihat adanya pembentukan kristal. Bioavailabilitas (*in vitro*) Fe adalah berkisar antara 15,48% sampai 17,05% dan bioavailabilitas Zn adalah berkisar antara 6,05% sampai 6,36%.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC

- Ciliberto M.A., Sandige H., Ndekha M.J., Ashorn P., Briend A., Ciliberto H.M., Manary M.J. 2005. A comparison of home-based therapy with ready-to-use therapeutic food with standard therapy in the treatment of malnourished Malawian children: a controlled, clinical effectiveness trial. *Am J Clin Nutr* 2005;81(4):864-870.
- Depkes [Departemen Kesehatan]. 2008. Survei Kesehatan Dasar. Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan-RI. Jakarta.
- Manary M. 2005. Local production and provision of ready-to-use therapeutic food for the treatment of severe childhood malnutrition. Department of Pediatrics, St Louis Children's Hospital, St Louis
- Roig M.J., Alegria A., Barbera R., Farre R., Lagarda M.J. 1999. Calcium bioavailability in human milk, cow milk and infant formulas—comparison between dialysis and solubility methods. *Food Chem* 65: 353 – 357
- Sandige H., Ndekha M.J., Briend A., Ashorn P., Manary M.J: Locally produced and imported ready-to-use-food in the home-based treatment of malnourished Malawian children. *J Pediatr Gastro Nutr* 2004;39:141-146.
- [WHO] World Health Organization. 1999a. Management of Severe Malnutrition: A manual for physicians and other senior health worker. WHO. Geneva.
- [WHO] World Health Organization. 1999b. Management of the child with a serious infection or severe malnutrition. WHO. Geneva.