

PENGARUH PENGOLAHAN DAN PENAMBAHAN Na₂EDTA PADA TERIGU FORTIFIKASI TERHADAP KETERSEDIAAN BIOLOGIS SENG

(Effect of Processing and Addition of Na₂EDTA in Fortified Wheat Flour on Bioavailability of Zinc)

Estu Nugroho¹, Ikeu Tanziha¹, dan Leily Amalia Furkon^{1*}

¹Departemen Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia (FEMA), Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze changes in bioavailability of zinc (Zn) caused by addition of Na₂EDTA and processing of fortified wheat flour. Bioavailability of zinc was tested by in vitro method as a simulation of human digestive track. The result showed that there was no significant difference in the bioavailability of zinc on wheat flour which is processed by frying (donuts), steaming (steamed bun), and baking (bread) ($p>0.05$). However, there was a tendency to increase the bioavailability of wheat flour processed by frying (donuts) and baking (bread) when compared to the raw dough. Raw dough had bioavailability of zinc 13.29%, after frying (donut) increase to 14.72%, and after baking (bread) increase to 17.06%. The addition of Na₂EDTA also did not increase bioavailability of zinc significantly for the three types of processing ($p>0.05$), despite increased bioavailability of zinc on the donuts by 4.67%.

Keywords: bioavailability, in vitro, Na₂EDTA, wheat flour, zinc

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perubahan ketersediaan biologis seng (Zn) yang terjadi akibat penambahan Na₂EDTA dan pengolahan terigu yang difortifikasi. Uji ketersediaan biologis seng dilakukan secara *in vitro* dengan mensimulasikan pencernaan manusia. Hasil uji menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan ketersediaan biologis seng yang nyata pada terigu yang digoreng (donat), dikukus (bakpau), ataupun dipanggang (roti) ($p>0.05$). Namun, terdapat kecenderungan peningkatan ketersediaan biologis pada terigu yang diolah dengan cara digoreng (donat) dan dipanggang (roti) dibandingkan dengan adonan mentah. Adonan mentah memiliki nilai ketersediaan biologis seng sebesar 13.29%, setelah digoreng (donat) memiliki nilai ketersediaan biologis seng sebesar 14.72% dan setelah dipanggang (roti) memiliki nilai ketersediaan biologis seng sebesar 17.06%. Penambahan Na₂EDTA juga tidak memberikan peningkatan ketersediaan biologis seng yang nyata pada ketiga jenis pengolahan yang digunakan ($p>0.05$) walaupun terjadi peningkatan ketersediaan biologis seng pada donat sebesar 4.67%.

Kata kunci: *in vitro*, ketersediaan biologis, Na₂EDTA, seng, terigu

*Korespondensi: Departemen Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia (FEMA), Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680. Email: leilyamalia@yahoo.com

PENDAHULUAN

Penambahan zat gizi terhadap pangan atau fortifikasi pangan merupakan elemen penting dalam program kebijakan pangan nasional yang ditujukan untuk menjamin ketahanan pangan dan gizi masyarakat. Fortifikasi pada terigu merupakan kebijakan nasional pemerintah Indonesia yang bertujuan untuk menanggulangi masalah kekurangan atau defisiensi zat gizi mikro. Defisiensi zat gizi mikro, terutama besi dan seng sudah menjadi masalah kesehatan di dunia (Afify 2011), termasuk Indonesia. Defisiensi zat gizi mikro dapat menyebabkan rendahnya kualitas sumberdaya manusia. Sementara itu, kualitas sumber daya manusia dapat memengaruhi produktivitasnya (Mahardikawati & Roosita 2008).

Pemerintah dan industri pangan memainkan peranan penting dalam mendukung keberhasilan fortifikasi terigu. Sejak tahun 1998, pemerintah dan industri sudah bekerjasama dalam mengemban SK menteri kesehatan No. 632/MENKES/SK/VI/1998 tentang kewajiban fortifikasi terigu di Indonesia. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No 49/M-IND/PER/&/2008, terigu wajib difortifikasi oleh zat gizi mikro, seperti zat besi (Fe) dengan dosis minimal 50 ppm, 30 ppm untuk seng (Zn), 2.5 ppm untuk tiamin (Vitamin B1), 4 ppm untuk riboflavin (Vitamin B2), dan 2 ppm untuk asam folat (Vitamin B11).

Terigu merupakan pangan olahan nabati yang memiliki ketersediaan hayati mineral relatif rendah (Das *et al.* 2005), sehingga penyerapan mineral oleh tubuh lebih rendah dibanding pangan hewani (Hunt 2003). Selain itu, kandungan fitat di dalamnya dapat menghambat penyerapan seng (Frontela *et al.* 2011). Walaupun penelitian epidemiologis telah membuktikan peranan fisiologis serat pangan terhadap sistem pencernaan manusia, namun keberadaan serat dapat menghambat penyerapan dari mineral termasuk seng (Haliza *et al.* 2012). Penelitian Ikeda *et al.* (2006) menunjukkan bahwa seng yang dilepas dalam bentuk terlarut setelah melalui proses pencernaan pepsin dan pankreatin pada terigu jauh lebih kecil dibandingkan pada sorgum.

Kekurangan seng masih menjadi masalah di Indonesia dan salah satu kebijakan pemerintah dalam mengatasi defisiensi seng tersebut adalah dengan cara fortifikasi seng pada terigu. Namun demikian, terdapat beberapa masalah dalam pelaksanaan program fortifikasi tersebut, yaitu pengetahuan konsumen dalam proses pengolahan pangan fortifikasi dan efektivitas senyawa tersebut untuk dicerna. Jenis senyawa seng yang umum digunakan sebagai fortifikan saat ini adalah $ZnSO_4$. Namun demikian, hasil penelitian Hettiarachchi *et al.* (2004) menunjukkan bahwa fortifikan dalam bentuk tersebut memiliki ketersediaan biologis yang lebih rendah dibandingkan dengan fortifikasi senyawa tersebut pada tepung beras yang ditambah Na_2EDTA . Ke-

tersediaan biologis mineral, termasuk seng sangat erat kaitannya dengan kelarutannya dalam saluran pencernaan (Ikeda *et al.* 2005), tetapi tidak semua mineral yang larut dapat diserap oleh tubuh (Rosado 2003). Na_2EDTA dapat menjaga kelarutan dari mineral pada pH 2 ataupun 6 sehingga dapat meningkatkan penyerapan mineral dalam tubuh (Garcia-Casal *et al.* 2009).

Beberapa jenis pangan berbahan dasar terigu yang umum dikonsumsi masyarakat Indonesia umumnya diolah dengan cara digoreng, dikukus, dan dipanggang. Perbedaan cara pengolahan tersebut diduga akan menyebabkan tingkat absorpsi yang berbeda. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian untuk menentukan pengaruh penambahan senyawa Na_2EDTA dan pengolahan pada terigu fortifikasi terhadap penyerapan atau ketersediaan biologis seng yang telah difortifikasi ke dalamnya. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan ketersediaan biologis seng yang terjadi akibat penambahan Na_2EDTA dan pengolahan terigu yang difortifikasi

METODE

Desain, Tempat, dan Waktu Penelitian

Penelitian ini menggunakan sebagian data penelitian Program Kreativitas Mahasiswa yang didanai oleh DIKTI dengan judul "Peningkatan Ketersediaan Biologis Besi dan Seng pada Produk Olahan Terigu dengan Penambahan Na_2EDTA sebagai Upaya untuk Menurunkan Prevalensi Defisiensi Zat Gizi Mikro di Indonesia". Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan Rancangan Acak Faktorial Tersarang (*nested*). Penelitian dilakukan pada bulan April sampai Juli 2013, bertempat di Laboratorium Analisis Zat Gizi dan Laboratorium Kulineri dan Dietetik, Departemen Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor.

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah terigu yang banyak dikonsumsi masyarakat dengan kadar protein tinggi dan telah difortifikasi. Bahan utama kedua yang digunakan adalah Na_2EDTA . Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk analisis ketersediaan biologis dan zat besi adalah HCl teknis 3%, HCl 1N, air bebas ion, HCl 0.1N, pepsin (Sigma P-7000), pankreatin (sigma P-1750), ekstrak bile (Sigma B-8631), $NaHCO_3$, hidroksil amonium hidroklorida, HCl pekat 98%, dan natrium asetat 2M.

Alat-alat yang digunakan untuk analisis ketersediaan biologis adalah wadah untuk merendam peralatan gelas, labu ukur (25 ml, 250 ml, 500ml), pipet mohr, pipet volumetrik, gelas ukur (100 ml, 250 ml), timbangan, cawan pengabuan, blender, pH meter, botol gelas, erlenmeyer, tabung reaksi, botol semprot, buret, gelas pengaduk, plastik, karet hisap, karet gelas, benang, kantung dialisis (*Spec-*

trapor I, MWCO6000–8000 Da (Fisher No. 08-670C)), freezer, gunting, penangas air, magnetic stirer.

Tahapan Penelitian

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pembuatan adonan sampel, baik sampel tanpa penambahan Na₂EDTA (kontrol) dan sampel dengan penambahan Na₂EDTA. Tahap kedua adalah pembuatan pangan olahan dengan melakukan tiga jenis pengolahan dari adonan yang sama. Pengolahan yang digunakan adalah digoreng untuk pembuatan donat, dikukus untuk pembuatan bakpau, dan dipanggang untuk pembuatan roti. Tahap ketiga adalah persiapan kantong dialisis, dan tahap keempat pengukuran ketersediaan biologis sampel.

Jenis dan Cara Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data primer. Metode yang digunakan dalam analisis proksimat adalah AOAC 1995 dan analisis ketersediaan biologis menggunakan metode *in vitro* (Roig *et al.* 1999). Penambahan Na₂EDTA didasarkan pada pemberian Na₂EDTA yang aman pada perbandingan rasio molar Fe:Na₂EDTA 1:1 (Hurrell *et al.* 2000).

Pengolahan dan Analisis Data

Data hasil analisis ditabulasi menggunakan program Ms. Excel 2010 dan diuji statistik menggunakan SPSS ver. 16 for Windows dengan nested ANOVA untuk mengetahui pengaruh pengolahan terigu pada setiap perlakuan. Jika hasil yang diperoleh berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan. Galat yang digunakan adalah 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air, Lemak, Abu, Protein, dan Karbohidrat

Di Indonesia, terigu pada umumnya diolah dan dibuat produk dengan cara dikukus (*steamed*), digoreng (*fryed*), dan dipanggang (*baked*), termasuk produk *bakery*. Meskipun demikian, sebagian besar hasil produk *bakery* di Indonesia diolah dengan cara dipanggang. Suhu dan waktu yang digunakan dalam penelitian disesuaikan dengan suhu dan waktu yang sering digunakan oleh masyarakat untuk mengolah terigu menjadi pangan olahan, donat, bakpau, dan roti. Hasil analisis kadar air, protein, abu, lemak, dan karbohidrat dapat dilihat pada Tabel 1.

Kadar air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakpau (dikukus) memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan dengan donat (digoreng) ataupun roti (dipanggang). Rata-rata kadar air bakpau adalah 35.35% sementara kadar air donat dan roti berturut-turut adalah 27.54% dan 28.34%. Setelah dilakukan sidik ragam, diketahui terdapat perbedaan kadar air yang nyata antara donat, bakpau, dan roti (*p*<0.05). Setelah dilakukan uji lanjut Duncan, diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan kadar air yang nyata pada terigu yang diolah dengan cara digoreng (donat) dan dipanggang (roti), namun keduanya berbeda nyata dengan terigu yang diolah dengan cara dikukus (bakpau).

Pemanggangan dan penggorengan termasuk dalam pengolahan kering (*dry heat*), sementara pengukusan merupakan pengolahan basah (*moist heat*) yang menggunakan uap air sebagai media untuk menghantarkan panas. Hal tersebut menyebabkan

Tabel 1. Kadar Air, Lemak, Abu, Protein, dan Karbohidrat Sampel pada Berbagai Pengolahan

Sampel	Kadar Air (% bb)	Kadar Lemak (%bk)	Kadar Abu (%bk)	Kadar Protein (%bk)	Kadar Karbohidrat (%bk)	
Digoreng (Donat)	Ulangan I (1)	30.64	9.67	0.74	12.05	77.54
	Ulangan I (2)	30.48	10.11	0.70	12.00	77.19
	Ulangan II (1)	24.60	9.63	0.61	10.53	79.23
	Ulangan II (2)	24.46	10.12	0.64	10.90	78.35
	Rata-rata	27.54 ^b	9.88 ^a	0.67 ^a	11.37 ^a	78.08
Dikukus (Bakpau)	Ulangan I (1)	35.99	2.44	0.81	13.28	83.47
	Ulangan I (2)	36.81	2.41	0.73	12.81	84.06
	Ulangan II (1)	34.22	2.49	0.61	12.24	84.66
	Ulangan II (2)	34.38	2.47	0.78	12.79	83.97
	Rata-rata	35.35 ^a	2.45 ^b	0.73 ^a	12.78 ^a	84.04 ^a
Dipanggang (Roti)	Ulangan I (1)	29.86	4.23	0.67	11.96	83.13
	Ulangan I (2)	30.20	3.85	0.73	11.93	83.48
	Ulangan II (1)	26.50	3.67	0.84	11.85	83.63
	Ulangan II (2)	26.81	4.04	0.89	11.67	83.40
	Rata-rata	28.34 ^b	3.95 ^c	0.78 ^a	11.85 ^a	83.41 ^b

Keterangan: Tanda yang berbeda menunjukkan hasil uji berbeda signifikan antar produk olahan dengan selang kepercayaan 95%

kan penurunan kadar air pada terigu yang diolah dengan cara digoreng (donat) ataupun dipanggang (roti) lebih tinggi dibandingkan dengan cara dikukus (bakpau). Perbedaan penggunaan suhu diduga memengaruhi kadar air. Pada pengolahan terigu dengan cara dikukus, suhu yang digunakan berkisar antara 96–98°C, sementara pemanggangan dan penggorengan dilakukan pada suhu masing-masing 160°C dan 200°C, sehingga kehilangan air lebih besar dibandingkan pengukusan. Selain itu, pada waktu pengukusan juga terjadi penyerapan air atau uap air oleh bahan. Bahan yang dikukus dalam waktu yang lebih lama akan memberikan kesempatan kepada bahan tersebut untuk kontak dan menyerap uap air lebih besar sehingga mengakibatkan peningkatan kadar air bahan.

Kadar lemak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai kadar lemak yang cukup besar dari ketiga jenis pangan olahan yang dihasilkan. Donat (digoreng) memiliki rata-rata kadar lemak tertinggi, yaitu 9.88% dibandingkan dengan bakpau (dikukus) sebesar 2.45% ataupun roti (dipanggang) sebesar 3.95%. Perbedaan kadar lemak yang signifikan ($p < 0.05$) terjadi pada ketiga pengolahan tersebut. Setelah dilakukan uji lanjut *Duncan*, diketahui bahwa ketiga jenis pengolahan menghasilkan kadar lemak yang berbeda nyata.

Penggorengan dilakukan dengan cara *deep fat frying* yaitu proses penggorengan seluruh adonan terendam dalam minyak goreng pada suhu 200–205°C. Selama proses penggorengan, sebagian minyak masuk ke dalam bahan pangan dan mengisi ruang kosong yang pada mulanya diisi oleh air. Saat akhir tahap penggorengan, sejumlah minyak tambahan akan diserap oleh aksi kapiler saat ruang hampa terbentuk di dalam bahan. Selama pendinginan setelah penggorengan, uap air di dalam makanan akan terkondensasi sehingga terbentuk ruang vakum yang mempercepat penyerapan minyak dari permukaan ke bagian dalam produk (Thomas 2007). Hal tersebut yang membuat kadar lemak donat lebih tinggi dibandingkan bakpau ataupun roti yang sumber lemaknya hanya berasal dari bahan adonan.

Kadar abu. Rata-rata kadar abu pada donat, bakpau, dan roti berturut-turut adalah 0.67%, 0.73%, dan 0.78%. Berbeda dengan kadar air, lemak, dan karbohidrat, tidak terlihat adanya perbedaan yang nyata pada kadar abu dari ketiga jenis pengolahan ($p > 0.05$). Menurut Palupi *et al.* (2007), pada umumnya garam-garam mineral tidak terpengaruh secara signifikan dengan perlakuan kimia dan fisik selama pengolahan. Adanya oksigen dapat menyebabkan kemungkinan beberapa mineral teroksidasi menjadi mineral bervalensi lebih tinggi, namun tidak memengaruhi nilai gizinya. Meskipun beberapa komponen pangan rusak dalam proses pemanggangan bahan pangan, proses tersebut tidak memengaruhi kandungan mineral dalam bahan pangan.

Kadar Protein. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar protein terigu yang digoreng (donat), dikukus (bakpau), dan dipanggang (roti) secara berturut-turut adalah 11.37%, 12.78%, dan 11.85%. Setelah dilakukan sidik ragam, diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan kadar protein yang nyata antara terigu yang diolah dengan cara digoreng (donat), dikukus (bakpau), ataupun dipanggang (roti) ($p > 0.05$). Hal tersebut diduga karena metode pengukuran protein yang digunakan adalah metode kjeldahl yang mengukur kadar protein dengan melihat kadar nitrogen di dalamnya. Oleh karena itu, walaupun dilakukan pengolahan, nitrogen tetap terukur sebagai protein.

Kadar Karbohidrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar karbohidrat dari ketiga pengolahan memiliki perbedaan yang nyata ($p < 0.05$). Setelah dilakukan uji lanjut *Duncan*, diketahui bahwa kadar karbohidrat donat dengan roti dan donat dengan bakpau tidak berbeda, tetapi kadar karbohidrat bakpau dengan roti berbeda. Donat (goreng), bakpau (kukus), dan roti (panggang) secara berturut-turut memiliki rata-rata kadar karbohidrat sebesar 78.08%, 84.04%, dan 83.41%. Kadar karbohidrat dalam penelitian dihitung dengan metode *by difference*, yaitu dengan melihat sisa persentase kandungan zat gizi setelah dikurangi kadar air, protein, abu, dan lemak. Roti memiliki kandungan karbohidrat tertinggi, melihat bahwa bakpau memiliki kandungan air yang tinggi sementara donat memiliki kandungan lemak yang tinggi sehingga mengurangi persentase kadar karbohidrat.

Pengaruh Pengolahan dan Penambahan Na_2EDTA terhadap Kadar Seng

Hasil analisis kadar seng menunjukkan bahwa rata-rata kadar seng pada adonan lebih kecil daripada pangan olahan. Meskipun demikian, setelah dilakukan sidik ragam (ANOVA), diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan kadar seng yang nyata pada pangan yang belum diolah (adonan), dengan pangan yang telah diolah (donat, bakpau, atau roti) ($p > 0.05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa pengolahan terigu baik dengan cara digoreng, dikukus, ataupun dipanggang tidak akan memengaruhi kadar seng dari bahan yang digunakan. Hasil analisis kadar seng untuk setiap sampel disajikan pada Tabel 2.

Penambahan Na_2EDTA juga tidak memengaruhi kadar seng. Hasil sidik ragam tersarang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan kadar seng yang nyata baik pada adonan ataupun produk olahan (donat, bakpau, dan roti) ($p > 0.05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa baik pengolahan (penggorengan, pengukusan, atau pemanggangan) maupun penambahan Na_2EDTA pada terigu tidak memengaruhi kadar seng secara nyata.

Tabel 2. Kadar Seng Sampel pada Berbagai Pengolahan dan Penambahan Na₂EDTA

Sampel		Kadar Zn (mg/100 g)	
		Tanpa Na ₂ EDTA	Ditambah Na ₂ EDTA
Adonan	Ulangan I	2.98	2.23
	Ulangan II	4.08	4.88
	Rata-rata	3.53 ^a	3.56 ^a
Digoreng (Donat)	Ulangan I	5.32	4.01
	Ulangan II	4.92	3.61
	Rata-rata	5.12 ^a	3.81 ^a
Dikukus (Bakpau)	Ulangan I	5.77	5.52
	Ulangan II	5.40	5.72
	Rata-rata	5.59 ^a	5.62 ^a
Dipanggang (Roti)	Ulangan I	4.66	6.25
	Ulangan II	3.62	3.26
	Rata-rata	4.14 ^a	4.75 ^a

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan hasil uji tidak berbeda signifikan dengan selang kepercayaan 95%

Ketersediaan Biologis Seng

Analisis ketersediaan biologis seng pada penelitian ini menggunakan metode *in vitro*. Uji secara *in vitro* berkembang karena uji secara *in vivo* memakan waktu yang lebih lama, lebih mahal, dan memiliki keterbatasan dalam melihat interaksi komponen makanan yang dapat menghambat ataupun meningkatkan penyerapan mineral (Lapara *et al.* 2009). Meskipun demikian, bukti uji pada manusia (*in vivo*) tetap harus dilakukan untuk penentuan segala kebijakan (Fairweather-Tait *et al.* 2005). Hasil analisis ketersediaan biologis seng disajikan pada Tabel 3.

Pengaruh Pengolahan terhadap Ketersediaan Biologis Seng

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan ketersediaan biologis seng yang nyata ($p > 0.05$) antara pangan yang belum diolah (adonan) ataupun pangan yang telah diolah (donat, bakpau, dan roti). Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa baik penggorengan, pengukusan, ataupun pemanggangan tidak memengaruhi ketersediaan biologis seng pada terigu secara nyata.

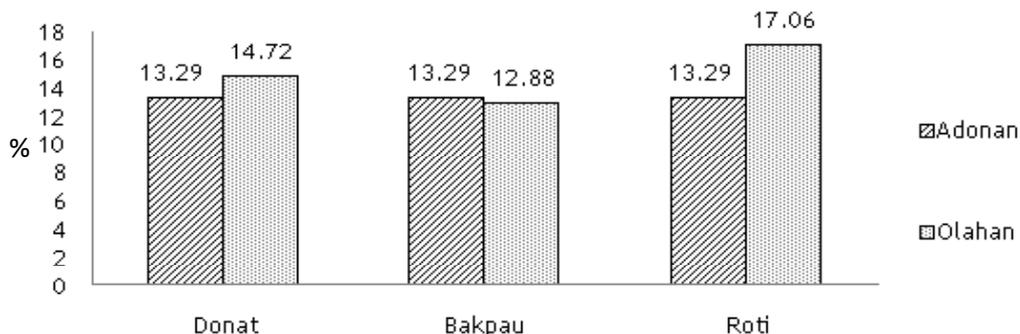
Tabel 3. Ketersediaan Biologis Seng pada Adonan dan Produk Olahan dengan Cara Digoreng, Dikukus, dan Dipanggang

Sampel		Kadar Zn (mg/100 g)	
		Tanpa Na ₂ EDTA	Ditambah Na ₂ EDTA
Adonan	Ulangan I	9.57	5.15
	Ulangan II	17.01	19.99
	Rata-rata	13.29 ^a	12.57 ^a
Digoreng (Donat)	Ulangan I	12.79	18.97
	Ulangan II	16.65	19.82
	Rata-rata	14.72 ^a	19.39 ^a
Dikukus (Bakpau)	Ulangan I	13.85	12.48
	Ulangan II	11.90	9.90
	Rata-rata	12.88 ^a	11.19 ^a
Dipanggang (Roti)	Ulangan I	16.40	14.45
	Ulangan II	17.72	20.05
	Rata-rata	17.06 ^a	17.25 ^a

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan hasil uji tidak berbeda signifikan dengan selang kepercayaan 95%

Uji statistik yang dilakukan menunjukkan bahwa pengolahan tidak menyebabkan perubahan ketersediaan biologis seng secara nyata. Namun, bila dilihat dari nilai ketersediaan biologisnya, terdapat perbedaan akibat pengolahan yang dilakukan. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian Ikeda *et al.* (2003) yang menunjukkan bahwa mie dalam keadaan mentah akan melepaskan seng dalam bentuk terlarut yang lebih rendah dibandingkan mie yang telah dimasak. Perbandingan ketersediaan biologis adonan mentah dengan olahannya disajikan dalam Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat perubahan ketersediaan biologis seng akibat pengolahan. Walaupun secara statistik perubahan akibat pengolahan tidak nyata, namun kecenderungan peningkatan ketersediaan biologis seng terjadi pada terigu yang diolah dengan cara digoreng (donat) dan dipanggang (roti), tetapi tidak terjadi peningkatan pada terigu yang diolah dengan cara dikukus (bakpau). Pada proses penggorengan (donat), terdapat peningkatan sebesar 1.43% atau sebesar 10.76% lebih tinggi dibandingkan adonan mentah, dan pada proses pemanggangan (roti) terdapat



Gambar 1. Grafik Perubahan Ketersediaan Biologis Seng Akibat Pengolahan

peningkatan sebesar 3.77% atau sebesar 28.37% lebih tinggi dibandingkan adonan mentah. Perbedaan tersebut diduga terjadi karena penggunaan suhu yang berbeda. Pada penggorengan dan pemanggangan, digunakan suhu tinggi, yaitu masing-masing 200–205°C dan 160°C, sementara pada pengukusan hanya digunakan suhu 96–98°C. Meskipun demikian, perlakuan panas dapat menyebabkan terjadinya pemecahan ikatan dan memengaruhi penyerapan atau penggunaan beberapa mineral (Palupi *et al.* 2007).

Disamping itu, prinsip pengukuran bioavailabilitas metode *in vitro* dengan teknik dialisis menggunakan kantung dialisis diukur dengan proses pelepasan molekul mineral pada kantung dialisis tersebut. Dialisis digunakan untuk memisahkan molekul-molekul besar dan molekul-molekul kecil berdasarkan sifat membran semi permeabel yang meloloskan molekul-molekul kecil dan menahan molekul besar. Diduga terjadi kerusakan matriks yang mengikat mineral pada bahan makanan saat pengolahan dengan suhu tinggi (donat dan roti). Hal ini menyebabkan mineral terbebas dari matriks dan dapat melewati membran kantung dialisis. Pemanasan dapat mengurangi daya tarik-menarik antara molekul-molekul air dan akan memberikan cukup energi pada molekul-molekul air tersebut untuk dapat mengatasi daya tarik menarik antar molekul dalam bahan pangan tersebut. Ketersediaan biologis mineral, termasuk seng sangat erat kaitannya dengan kelarutannya dalam saluran pencernaan (Ikeda *et al.* 2005). Meningkatnya kelarutan akibat panas yang diberikan akan meningkatkan ketersediaan biologis mineral, termasuk seng. Selain itu, dengan pengolahan adonan menjadi produk olahan yang melalui proses fermentasi, fitat dapat terdegradasi sehingga dapat meningkatkan ketersediaan biologis seng (Hurrell 2003).

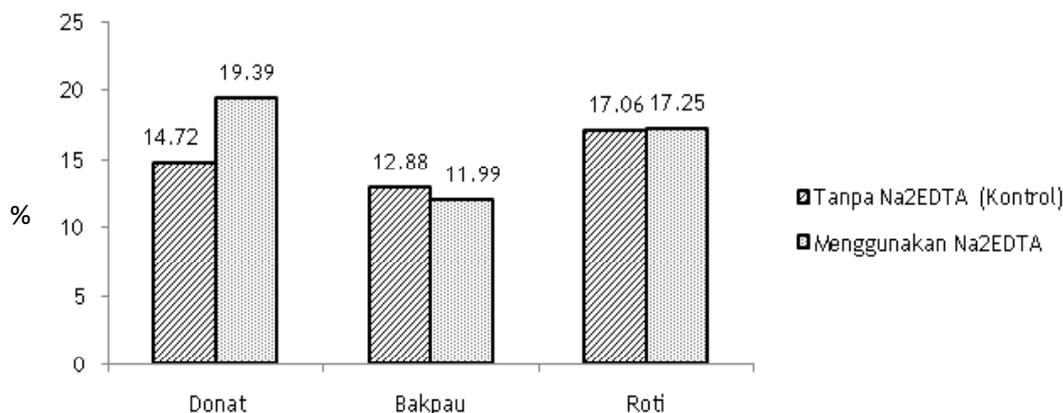
Pengaruh Penambahan Na₂EDTA terhadap Ketersediaan Biologis Seng

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan ketersediaan biologis seng yang nyata pada kelompok olahan terigu yang ditambah

dengan Na₂EDTA ataupun yang tidak ditambah dengan Na₂EDTA ($p > 0.05$). Secara statistik, Na₂EDTA tidak berhasil meningkatkan ketersediaan biologis pangan olahan yang dijadikan sampel. Namun, bila dilihat nilainya, terjadi peningkatan pada pangan olahan donat. Perbedaan ketersediaan biologis pada donat, bakpau, dan roti yang ditambah ataupun yang tidak ditambah dengan Na₂EDTA disajikan pada Gambar 2.

Peningkatan ketersediaan seng dapat dilihat pada sampel donat (goreng) setelah ditambahkan Na₂EDTA. Pada donat, terjadi peningkatan ketersediaan biologis seng dari 14.72% menjadi 19.39% atau sebesar 31.73% dari nilai ketersediaan biologis kontrol. Peningkatan yang terjadi memang relatif kecil, namun penelitian-penelitian sebelumnya juga menunjukkan hal yang sama. Hasil penelitian Hettiarachchi *et al.* (2004) menunjukkan peningkatan ketersediaan biologis seng pada tepung beras dari 8.8% menjadi 13.5% atau sebesar 53.41% dari nilai ketersediaan biologis kontrol setelah ditambahkan dengan Na₂EDTA. Selain itu, penelitian lainnya menunjukkan kemampuan Na₂EDTA dalam meningkatkan ketersediaan biologis mineral tidak jauh berbeda. Hasil penelitian Govindaraj *et al.* (2007) menunjukkan peningkatan ketersediaan biologis besi pada biskuit dari 14.40% menjadi 16.65% atau sebesar 15.62% dari nilai ketersediaan biologis kontrol. Peningkatan mineral dengan penambahan Na₂EDTA hanya berkisar antara 2–10%.

Peningkatan tidak terjadi pada terigu yang diolah dengan cara dikukus. Hal tersebut diduga karena suhu pengukusan merupakan suhu terendah dari ketiga pengolahan yang digunakan. Hal tersebut menyebabkan mineral dalam makanan masih terikat dalam kompleks di dalam makanan sehingga mineral yang melewati membran kantung dialisis lebih sedikit dibanding dengan pengolahan dengan cara digoreng ataupun dipanggang. Fitat, serat, dan protein diduga merupakan komponen utama sebagai penyusun kompleks tersebut yang dapat mengikat mineral sehingga memengaruhi penyerapannya (Palupi *et al.* 2007). Karena mineral



Gambar 2. Grafik Ketersediaan Biologis Seng dengan Penambahan Na₂EDTA

masih terikat, maka Na₂EDTA tidak dapat mengikat mineral sehingga tidak terjadi peningkatan ketersediaan biologis yang diharapkan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata pada kadar air, kadar lemak, dan kadar karbohidrat donat (goreng), bakpau (kukus), dan roti (panggang) ($p < 0.05$). Namun tidak terdapat perbedaan yang nyata pada kadar abu dan kadar protein ($p > 0.05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa pengolahan yang dilakukan pada penelitian ini memengaruhi kadar air, lemak, dan karbohidrat terigu.

Pengolahan tidak menyebabkan perubahan ketersediaan biologis seng secara nyata ($p > 0.05$). Namun demikian, terdapat kecenderungan pengolahan dengan cara digoreng (donat) dan dipanggang (roti) dapat meningkatkan ketersediaan biologis seng. Secara statistik ketersediaan biologis seng terigu yang digoreng (donat), dikukus (bakpau), dan dipanggang (roti) adalah sama. Hal yang sama juga terlihat pada efek dari penambahan Na₂EDTA. Tidak terdapat perbedaan yang nyata pada sampel yang ditambah ataupun tidak ditambah Na₂EDTA, baik untuk donat, bakpau, ataupun roti. Secara statistik, Na₂EDTA tidak dapat dikatakan meningkatkan ketersediaan biologis seng. Namun bila dilihat dari nilainya, terdapat peningkatan pada terigu yang diolah dengan cara digoreng (donat) sebesar 4.67%.

Peningkatan yang terlihat relatif kecil sehingga perlu dilakukan penelitian yang lebih dalam terutama mengenai efek dari Na₂EDTA dalam meningkatkan ketersediaan biologis seng. Penggunaan metode *in vivo* dapat menjadi salah satu alternatif untuk mempelajari efek dari Na₂EDTA dengan lebih baik dikarenakan dapat menggambarkan keadaan tubuh manusia yang sebenarnya. Selain itu, untuk melihat efek dari Na₂EDTA dengan lebih baik, sebaiknya digunakan terigu yang belum difortifikasi dan dilakukan *premix* secara *wet mixing* sebelum pembuatan adonan antara Zn dengan Na₂EDTA sehingga pengkelatan dapat terjadi lebih baik ataupun penambahan seng yang sudah terikat (NaZnEDTA) pada terigu yang belum difortifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Afify AMR, El-Beltagi HS, El-Salam SMA, & Omran AA. 2011. Bioavailability of iron, zinc, phytate and phytase activity during soaking and germination of white sorghum varieties. *PLOS ONE*, 6, 1–7.

Das P, Raghuramulu N, & Rao KC. 2005. Determination of in vitro availability of iron from common foods. *J. Hum. Ecol*, 18, 13–20.

Fairweather-Tait S *et al.* 2005. The usefulness of in

vitro models to predict the bioavailability of iron and zinc: a consensus statement from the harvest plus expert consultation. *Int J Vitam Nutr Res*, 75, 371–374.

Frontela C, Ros G, & Martinez C. 2011. Phytic acid content an in vitro iron, calcium, and zinc bioavailability in bakery product: The effect of processing. *Journal of Cereal Science*, 54, 173–179.

Garcia-Casal MN, Ramirez J, & Leets I. 2009. Bioavailability from electrolytic and reduced iron in human is enhanced by NaFe-EDTA and vitamin a in corn and wheat flours, effect of serum retinol status. *African Journal of Food Science*, 3, 131–138.

Govindaraj T, KrishnaRau L, & Prakash J. 2007. In vitro bioavailability of iron and sensory qualities of iron-fortified wheat biscuits. *Food and Nutrition Bulletin*, 28, 299–306.

Lapara JM, Glahn RP, & Miller DD. 2009. Different responses of Fe transporters in Caco-2/HT29-MTX cocultures than in independent caco-2 cell cultures. *Cell Biology International*, 33, 971–977.

Haliza W, Kailaku SI, & Yuliani S. 2012. Penggunaan mixture response surface methodology pada optimasi formula brownies berbasis tepung talas banten (*Xanthosoma undipes k.koch*) sebagai alternatif pangan sumber serat. *Jurnal Pascapanen*, 9, 96–106.

Hettiarachchi *et al.* 2004. Na₂EDTA enhances the absorption of iron and zinc from fortified rice flour in Sri Lanka children. *J. Nutr*, 134, 3031–3036.

Hurrell *et al.* 2000. An evaluation of EDTA compounds for iron fortification of cereal-based foods. *J. Nutr*. 84, 903–910.

Hurrell RF. 2003. Influence of vegetable protein source on trace element and mineral bioavailability. *The Journal of Nutrition*, 133, 2973S–2977S.

Hunt JR. 2003. Bioavailability of iron, zinc, and other trace minerals from vegetarian diets. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 633S–6339S.

Ikeda S, Tomura K, Miya M, & Kreft I. 2003. Changes in the solubility of the minerals in buckwheat noodles occurring by processing, cooking and enzymatic digestion. *Fagopyrum*, 20, 67–71.

Ikeda S, Yamashita Y, Kusumoto K, & Kreft I. 2005. Nutritional characteristics of minerals in various buckwheat groats. *Fagopyrum*, 22, 71–75.

Ikeda S, Yamashita Y, Tomura K, & Kreft I. 2006. Nutritional comparison in mineral characteristics between buckwheat and cereals. *Fagopyrum*, 23, 61–65.

Mahardikawati VA & Roosita K. 2008. Aktivitas fisik,

- asupan energi dan status gizi wanita pemetik teh di PTPN VIII Bandung, Jawa Barat. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 3, 79–85.
- Palupi NS, Zakaria FR, & Prangdimurti E. 2007. Modul e-learning ENBP: Pengaruh Pengolahan Terhadap Nilai Gizi Pangan. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan IPB, Bogor.
- Roig *et al.* 1999. Calcium bioavailability in human milk, cow milk and infant formulas comparison between dialysis and solubility methods. *Food Chem*, 65, 353–357.
- Rosado JL. 2003. Zinc and copper: Proposed fortification levels and recommended zinc compound. *The Journal of Nutrition*, 133, 2985S–2989S.
- Thomas PR. 2007. Pengembangan Produk Makanan Ringan dengan Proses Ekstruksi dan Penggorengan [Tesis]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.