

KARAKTERISTIK FISIK, KANDUNGAN MINERAL DAN CEMARAN LOGAM TEPUNG KOMPOSIT (TEPUNG BONGGOL PISANG, UBI JALAR, DAN KECAMBAH KEDELAI HITAM)

Dewi Anggi Priyani^{1,2}, Sumanti Debby Moody¹, Tri Yuliana¹

¹Departemen Teknologi Industri Pangan, Fakultas Teknologi Industri Pertanian
Universitas Padjadjaran, Indonesia

²SMK-PP Negeri Banjarbaru, Kalimantan Selatan
Email: dera.anggi46@gmail.com

ABSTRAK

Semakin meningkatnya tingkat konsumsi tepung terigu menjadikan pemerintah melakukan impor gandum sebagai bahan baku tepung terigu dikarenakan masih kurangnya tingkat penyediaan terigu. Hal ini dapat mengancam ketahanan pangan nasional. Tepung komposit merupakan salah satu alternatif jalan keluar yang diharapkan mampu mengurangi ketergantungan terhadap tepung terigu. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental yang dianalisis secara deskriptif terhadap karakteristik fisik, kandungan mineral, dan cemaran logam dari tepung bonggol pisang, tepung ubi jalar, tepung kecambah kedelai hitam, dan tepung komposit yang terdiri dari tiga perlakuan perbandingan tepung komposit (tepung bonggol pisang batu, tepung ubi jalar, dan tepung kedelai hitam) ini yaitu 54:29:17 (A), 46:37:17 (B), dan 37:46:17 (C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tepung komposit dan tepung penyusunnya memiliki karakteristik yang mendekati standar SNI tepung terigu dari segi karakteristik fisik dan cemaran logam. Kandungan mineral besi (Fe) berkisar antara 7,41 – 27,33 mg/kg dan seng (Zn) 2,95 – 40,54 mg/kg. Cemaran logam timbal (Pb) berkisar antara 0 – 0,42 mg/kg, merkuri (Hg) 0 mg/kg, kadmium (Cd) 0,05 – 0,13 mg/kg, dan cemaran arsen (As) berkisar antara 0 – 1,50 mg/kg.

Kata kunci: cemaran logam tepung komposit

PENDAHULUAN

Rata-rata tingkat konsumsi tepung terigu yang semakin meningkat dan masih rendahnya tingkat penyediaan gandum membuat pemerintah harus mengimpor gandum sebagai bahan baku tepung terigu. Ketergantungan terhadap impor gandum ini dapat mengganggu ketahanan pangan nasional dikarenakan gandum sulit untuk dikembangkan di Indonesia.

Pengembangan industri tepung komposit merupakan salah satu usaha dalam menjaga ketahanan pangan nasional. Tepung komposit adalah tepung yang dibuat dari dua atau lebih bahan pangan (tepung beras, tepung kasava, tepung ubi jalar dsb.) dengan tujuan untuk mendapatkan karakteristik bahan yang sesuai untuk produk olahan yang diinginkan atau untuk mendapatkan sifat

fungsi tertentu terhadap kesehatan manusia (Widowati, 2009). Tepung komposit layak untuk dikembangkan karena mempunyai kelebihan antara lain memiliki nilai gizi yang lebih tinggi dibandingkan dengan hanya satu jenis tepung saja, serta kualitas fisik dan organoleptik yang lebih baik. Pembuatan tepung komposit bertujuan untuk mencari alternatif pengganti tepung terigu berbahan baku komoditas lokal yang diharapkan secara perlahan mampu mengurangi ketergantungan terhadap tepung terigu.

Pemerintah Indonesia melalui Badan Standarisasi Nasional (BSN) telah mengeluarkan standar yang mengatur mengenai tepung terigu sebagai bahan makanan yaitu SNI 3751:2009. Di dalam SNI 3751:2009 telah diatur bagaimana persyaratan yang harus dipenuhi untuk memproduksi tepung terigu, antara lain karakteristik fisik, kandungan mineral dan cemaran logam yang harus dipenuhi sehingga produk tepung terigu dapat lolos uji sebelum dipasarkan.

Karakteristik fisik berhubungan dengan karakteristik bahan yang tidak melibatkan perubahan zat pada bahan tersebut (Nurhadi dan Nurhasanah, 2010). Karakteristik fisik bahan pangan dapat diartikan sebagai sifat-sifat bahan pangan yang penting disamping sifat kimia dan

biokimia terutama dalam berbagai hal yang berkaitan dengan analisis-analisis yang melibatkan prinsip-prinsip fisika, operasi-operasi pengolahan pangan dan rekayasa produk pangan (Wirakartakusumah, dkk., 1992).

Setiap bahan pangan memiliki karakteristik fisiknya masing-masing, yakni terdiri dari bahan pangan padat, semi padat, dan cair. Karakteristik fisik bahan pangan juga meliputi bentuk, ukuran, luas permukaan, warna, penampakan, berat, porositas, densitas dan kadar air. Bentuk dan ukuran bahan pangan sangat penting dalam perhitungan energi untuk pendinginan dan pengeringan, rancangan terhadap pengecilan ukuran, masalah dalam distribusi dan penyimpanan bahan (Suharto, 1991).

Kandungan mineral dan cemaran logam di dalam suatu bahan pangan dapat berasal dari bahan pangan itu sendiri maupun kontaminasi dari lingkungan, misalnya penambahan mineral yang disengaja untuk memperkaya bahan pangan tetapi melebihi dosis yang dipersyaratkan. Kurangnya pengawasan saat proses produksi, penyimpanan, maupun kurangnya kondisi keamanan saat pendistribusiannya dapat menyebabkan bahan pangan tercemar oleh bahan kimia

seperti polusi udara maupun asap kendaraan bermotor.

Besi (Fe) dan seng (Zn) merupakan logam esensial yang dibutuhkan manusia dalam jumlah kecil <100 mg/hari, yang sangat berperan bagi metabolisme tubuh. Kasus kekurangan logam Fe dan Zn prevalensinya cukup banyak dijumpai di dunia, terutama di negara-negara berkembang. Hal ini berkaitan dengan daya beli masyarakat akan bahan pangan dan pola konsumsi yang rendah. Kebutuhan akan logam ini dipenuhi melalui asupan makanan atau minuman yang dikonsumsi, sehingga pengetahuan tentang keberadaan logam Fe dan Zn dalam bahan makanan sangat penting.

Defisiensi Zn dan Fe dapat terjadi apabila asupan Zn dan Fe ke dalam tubuh tidak memenuhi kebutuhan harian tubuh. Kelompok orang yang paling rentan mengalami defisiensi Zn dan Fe adalah anak masa pertumbuhan, masa produktif, masa kehamilan dan masa penyembuhan. Kelebihan asupan Zn dalam tubuh (>100 mg/hari), juga berbahaya karena dapat menyebabkan toksisitas, seperti penurunan sistem imunitas, anemia, kekurangan Cu dalam tubuh, dan pengurangan kadar HDL (*high density lipoprotein*) kolesterol di dalam darah. Demikian juga dengan Fe, masukan >60 mg/kg berat badan akan

menimbulkan toksisitas (Mulyaningsih, 2009).

Kandungan logam berat pada berbagai produk pangan menjadi masalah yang cukup serius, karena logam berat tidak dapat dimetabolisme dan akan terakumulasi dalam tubuh sehingga berpotensi menjadi racun yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Logam berat dapat didefinisikan sebagai logam yang mempunyai densitas atom lebih besar dari 6 g/cm³, diantaranya adalah Merkuri (Hg), Arsen (As), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), Tembaga (Cu), dan Timbal (Pb) (Siregar, 2009).

Logam Pb, Hg, Cd, dan As merupakan mikroelemen yang penting dalam tubuh manusia namun dalam tingkat tertentu menjadi racun bagi makhluk hidup sehingga Badan Standarisasi Nasional Indonesia dalam SNI Nomor 3751:2009 tentang tepung terigu sebagai bahan makanan mencantumkan keempat logam ini dalam golongan logam pencemar. Hingga kini belum ada penelitian yang memperlihatkan jumlah kebutuhan logam tersebut dalam tubuh, namun kelebihanannya dapat menyebabkan anemia, kerusakan otak, keguguran, dan kematian janin waktu lahir. Jumlah Pb minimal dalam darah yang dapat menyebabkan keracunan

berkisar antara 60 – 100 mikro gram per 100 ml darah (Loga dan Kambuno, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai karakteristik fisik dan kandungan mineral serta cemaran logam dari tepung komposit yang terbuat dari tepung bonggol pisang batu, ubi jalar, dan kecambah kedelai hitam. Dengan adanya informasi ini diharapkan dapat meningkatkan nilai tepung komposit karena memenuhi standar keamanan pangan yang sesuai dengan SNI 3751:2009.

METODE

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah bonggol pisang batu (*Musa brachycarpa*) yang berasal dari daerah Sumedang, ubi jalar kuning (*Ipomea batatas L.*) varietas Ace yang berasal dari daerah Majalengka, dan kacang kedelai lokal varietas Mallika (*Glycine soja*) yang berwarna hitam yang berasal dari daerah Purwokerto. Bahan kimia yang digunakan adalah aquades, HNO₃ 65%, Arsenic Standard Solution, Mercury Standard Solution, Lead Standard Solution, Zinc Standard Solution, Cadmium Standard Solution.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisau, kuas, talenan, baskom, loyang pengering, *cabinet dryer*,

grinder, ayakan, timbangan, tyler sieve, *Induction Couple Plasma* (ICP) Agilent 725 Series ICP-OES dan *software* ICP expert II.

Tahapan penelitian

Pembuatan tepung bonggol pisang batu

Bonggol pisang batu disortasi dengan memisahkan akar-akar dan serabut yang masih menempel pada bonggolnya. Setelah itu dikupas kulitnya dan dilakukan pemotongan, pencucian, penyawutan dan perendaman dalam air. Kemudian dilakukan perendaman dalam larutan natrium metabisulfit. Setelah itu ditiriskan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 12 jam. Setelah kering, dihaluskan dengan grinder dan diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh (Sumanti, 2017).

Pembuatan tepung ubi jalar

Ubi jalar disortasi dipisahkan bagian umbi yang tidak layak karena luka saat pemanenan yang menyebabkan umbi menjadi berwarna hitam yang dapat mempengaruhi tepung umbi yang dihasilkan. Kemudian dilakukan pengupasan, pencucian, pengirisan, perendaman dalam natrium metabisulfit selama 30 menit. Lalu ditiriskan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C

selama 12 jam. Setelah kering, dihaluskan dan diayak dengan menggunakan ayakan mesh No. 100 hingga menjadi tepung ubi jalar (Sumanti, 2017).

Pembuatan tepung kecambah kedelai hitam

Pembuatan tepung kecambah kedelai hitam dimulai dengan proses sortasi dengan memisahkan kulit dan batu maupun kotoran lainnya yang dapat mengganggu proses perkecambahan. Lalu dilakukan perendaman selama 12 jam untuk melarutkan zat antinutrisi yang masih terdapat pada kedelai hitam. Setelah ditiriskan lalu dikecambahkan selama 72 jam pada suhu ruang dengan penyiraman sehari dua kali. Kemudian dilakukan pengeringan dalam oven pada suhu 60°C selama 12 jam. Setelah kering dilakukan penggilingan dan pengayakan menggunakan ayakan 100 mesh (Astawan dan Hazmi, 2016).

Pembuatan tepung komposit

Pembuatan tepung komposit SBM merujuk pada penelitian Sumanti (2017) yaitu mencampur tepung bonggol pisang batu, tepung ubi jalar dan tepung kecambah kedelai hitam dengan perbandingan tertentu dimana

perbandingan tepung komposit (tepung bonggol pisang batu, tepung ubi jalar, dan tepung kecambah kedelai hitam) yang digunakan adalah:

A = 54:29:17

B = 46:37:17

C = 37:46:17

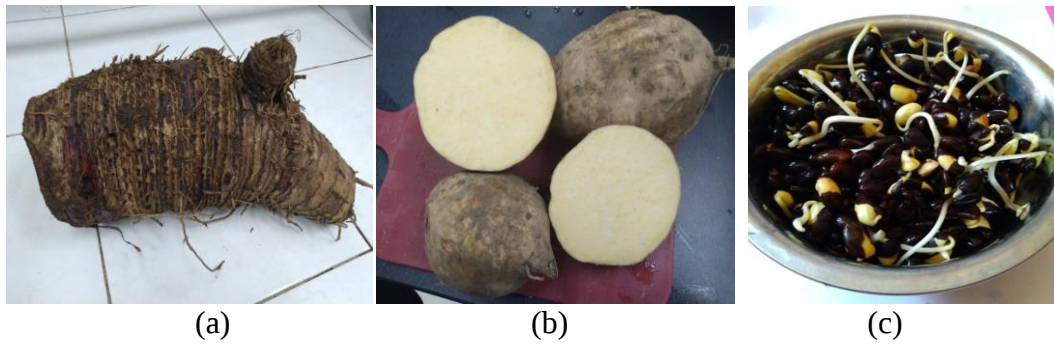
Penentuan karakteristik fisik meliputi parameter bentuk, bau, warna, adanya benda asing dan serangga dilakukan melalui pengamatan menggunakan indera penglihatan. Sedangkan parameter kehalusan dilakukan dengan menggunakan alat tyler sieve dengan ukuran mesh 70.

Analisis terhadap kandungan mineral dan cemaran logam dilakukan dengan menggunakan *Induction Couple Plasma* (ICP) Agilent 725 Series ICP-OES dan *software* ICP expert II.

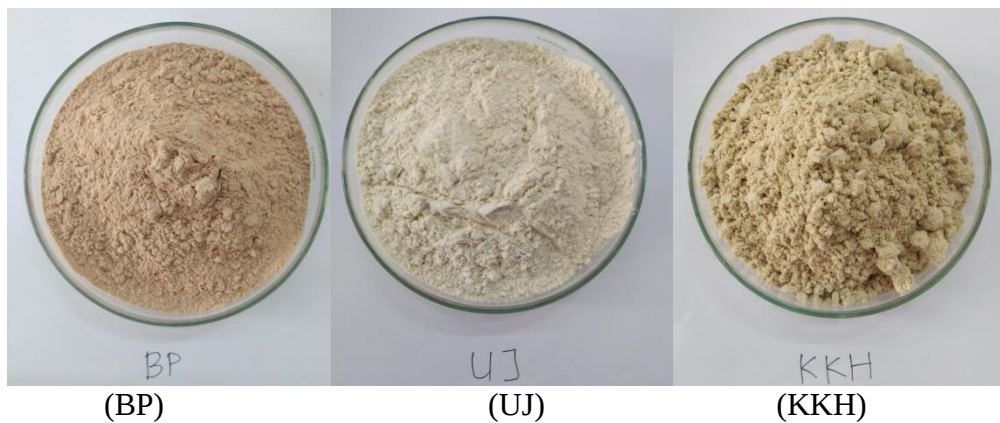
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan Tepung

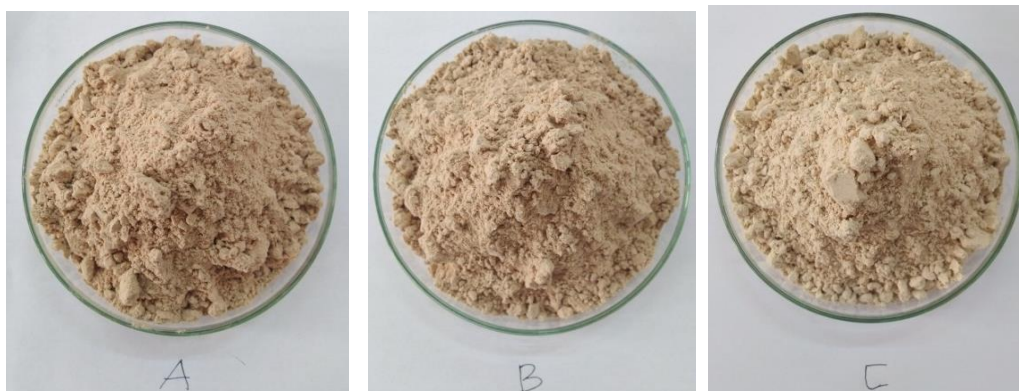
Dibawah ini merupakan bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan tepung yaitu bonggol pisang batu, ubi jalar, dan kecambah kedelai hitam. Tepung bonggol pisang batu, ubi jalar, kecambah kedelai hitam dan tepung kompositnya dapat dilihat pada gambar berikut.



(a) (b) (c)
Gambar 1. (a) Bonggol Pisang, (b) Ubi Jalar, (c) Kecambah Kedelai Hitam



(BP) (UJ) (KKH)
Gambar 2. (BP) Tepung Bonggol Pisang, (UJ) Tepung Ubi Jalar, (KKH) Tepung Kecambah Kedelai Hitam



Gambar 3. Tepung Komposit A, B, dan C

2. Hasil Pengamatan Karakteristik Fisik

Hasil pengamatan terhadap karakteristik fisik tepung komposit dan

tepung penyusunnya meliputi bentuk, bau, warna, adanya benda asing, serangga dan kehalusan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengamatan karakteristik fisik tepung komposit dan tepung penyusunnya

No.	Karakteristik Fisik	Jenis Tepung						SNI Tepung Terigu (2009)
		BP	UJ	KKH	A	B	C	
1	Bentuk	Serbuk	Serbuk	Serbuk	Serbuk	Serbuk	Serbuk	Serbuk
2	Bau	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
3	Warna	Coklat terang	Krem	Abu-abu pucat	Coklat	Coklat terang	Coklat terang pucat	Putih, khas terigu
4	Benda asing	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
5	Serangga	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
6	Kehalusan (lolos mesh 70)	99	97	63	100	100	100	Min 95%

Keterangan :

BP = Tepung bonggol pisang batu

UJ = Tepung ubi jalar

KKH=Tepung kecambah kedelai hitam

A = Tepung komposit A (Perbandingan 54:29:17)

B = Tepung komposit B (Perbandingan 46:37:17)

C = Tepung komposit C (Perbandingan 37:46:17)

Berdasarkan Tabel 1 karakteristik bentuk tepung komposit dan tepung penyusunnya adalah sesuai dengan syarat SNI tepung terigu yaitu berbentuk serbuk. Penggunaan mesh 100 dalam proses pengayakan memastikan produk yang dihasilkan berbentuk serbuk sehingga dapat dikatakan memenuhi kriteria bentuk yang dipersyaratkan.

Berdasarkan Tabel 1, pengamatan terhadap karakteristik bau tepung komposit dan tepung penyusunnya memiliki bau yang normal, tidak ada yang menyimpang. Penyimpangan bau pada tepung dapat disebabkan oleh kadar lemak yang tinggi. Menurut Utami dan Sujaya (2013), kadar lemak yang tinggi dapat menyebabkan ketengikan dimana seiring dengan penambahan tepung pati jagung

termodifikasi pada pembuatan pie, terjadi pula peningkatan kadar lemak.

Hasil pengamatan terhadap karakteristik warna pada tepung komposit dan tepung penyusunnya dapat dilihat pada Tabel 11, dimana hasilnya tidak sesuai dengan SNI 3751:2009 yang mensyaratkan warna tepung harus putih khas terigu. Tepung komposit dan tepung penyusunnya memiliki warna yang berbeda dengan tepung terigu karena warna bahan asal penyusun tepungnya berbeda-beda. Sebagai contoh pada saat proses pembuatan tepung bonggol pisang batu terjadi reaksi pencoklatan enzimatis sehingga menjadi berwarna kecoklatan dan tepung yang dihasilkan pun berwarna coklat terang. Reaksi pencoklatan enzimatis terjadi karena aktivitas enzim *polyphenol oksidase* (PPO) yang bereaksi

dengan oksigen. Enzim PPO dapat mengkatalisa oksidasi komponen fenolik hingga terbentuk pigmen warna coklat melanin. Reaksi ini dapat pula muncul bila jaringan tanaman terkupas, terpotong, atau karena kerusakan mekanis (Catrien, Surya dan Ertanto, 2008).

Reaksi pencoklatan ini juga dapat terjadi karena adanya pemanasan yang menyebabkan asam amino bereaksi dengan gula pereduksi sehingga membentuk melanoidin yang berwarna coklat. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya perubahan warna tersebut yaitu dengan perlakuan pendahuluan perendaman dengan natrium bisulfit (NaHSO_3) (Choirunisa, Susilo dan Nugroho, 2014). Walaupun sudah dilakukan perendaman dengan natrium metabisulfit, namun pada tahap selanjutnya dalam pembuatan tepung terdapat proses pengeringan yang menggunakan suhu $50 - 60^\circ\text{C}$ sehingga dapat mempengaruhi warna produk yang dihasilkan.

Ubi jalar hasil tepungnya berwarna krem dikarenakan kandungan proteinnya lebih sedikit sehingga kemungkinan terjadinya reaksi pencoklatan lebih sedikit. Selain itu dilakukan juga perlakuan perendaman dengan natrium metabisulfit. Tepung kecambah kedelai hitam berwarna abu-abu dikarenakan kulit kedelainya

masih ada yang tidak terkelupas pada saat pencucian kecambah sebelum proses pengeringan, sehingga mempengaruhi karakteristik warna tepung yang dihasilkan. Tiga karakteristik warna yang berbeda dari tepung penyusun tepung komposit memberikan warna yang berbeda sesuai dengan perbandingan masing-masing. Tepung komposit A berwarna coklat karena komposisi tepung bonggol pisang batu yang lebih banyak dibandingkan tepung ubi jalar maupun tepung kecambah kedelai hitam. Tepung komposit B berwarna coklat terang karena komposisi warna yang hampir seimbang, sehingga tidak berwarna coklat maupun putih. Tepung komposit C berwarna coklat terang yang cenderung lebih pucat karena penggunaan tepung bonggol pisang batu yang lebih sedikit dibandingkan 2 perlakuan tepung komposit lainnya. Tepung bonggol pisang batu berkontribusi dominan dalam mempengaruhi warna tepung komposit yang dihasilkan.

Berdasarkan Tabel 1, pengamatan terhadap adanya benda asing maupun serangga dan potongan stadiannya sudah memenuhi syarat SNI 3751:2009 karena tidak terdapat benda asing maupun serangga dan potongan stadiannya untuk ketiga jenis perlakuan tepung komposit maupun tepung penyusunnya. Hal ini

dikarenakan selama proses dilakukan pengawasan seteliti mungkin sehingga kecil kemungkinan masuknya benda asing maupun serangga yang dapat mengkontaminasi tepung-tepung tersebut.

Hasil pengamatan terhadap kehalusan SNI 3751:2009 mensyaratkan minimal 95% lolos ayakan mesh 70. Berdasarkan Tabel 1, hasil pengamatan terhadap kehalusan tepung yang ditandai dengan lolosnya tepung pada ayakan 70 mesh maka hanya tepung kecambah kedelai hitam yang tidak memenuhi persyaratan karena hanya lolos sebesar 63%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena tingginya kadar protein pada tepung kecambah kedelai yang dapat meningkatkan kadar air seiring lama penyimpanan sehingga tepung kecambah kedelai hitam banyak yang tidak lolos pada saat diayak. Menurut Zayas (1997) dikutip Rumapar (2015), daya penyerapan air atau *water absorption capacity* (WAC) protein kedelai adalah 6.2 – 8.8 air/gram protein, sehingga semakin banyak protein yang terkandung dalam bahan pangan maka air yang dapat tertahan didalamnya semakin besar. Hal ini berkaitan dengan sifat hidrofilik yang dimiliki protein yang dapat mengikat air. Protein juga dapat bereaksi dengan karbohidrat membentuk gel yang berbentuk matriks yang disebut “*three-*

dimensional network” yang menahan air. Peningkatan kadar protein akan menyebabkan peningkatan daya serap air karena adanya interaksi antara protein dan air yang dapat dipengaruhi oleh sumber protein dan komposisi asam amino, ukuran partikel, dan derajat denaturasi (Rumapar, 2015). Tepung komposit perlakuan A, B, dan C lolos ayakan mesh 70 sebesar 100%. Hal ini dikarenakan sudah terjadi pencampuran antara tepung bonggol pisang batu, tepung ubi jalar dan tepung kecambah kedelai hitam walaupun tepung kecambah kedelai hitam tidak memenuhi syarat minimum kehalusan.

3. Hasil Analisis Kandungan Mineral Dan Cemarkan Logam

Hasil pengujian terhadap kandungan mineral dan cemarkan logam dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, kandungan Fe tepung komposit dan tepung penyusunnya berkisar antara 7,41 – 27,33 mg/kg. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kandungan Fe dari tepung komposit dan tepung penyusunnya masih kurang dari yang dipersyaratkan dimana SNI 3751:2009 mewajibkan kandungan Fe minimal 50 mg/kg, yaitu berkisar antara 7,41 – 27,33 mg/kg. Kandungan Zn tepung komposit dan tepung penyusunnya juga masih dibawah dari yang dipersyaratkan

(minimal 30 mg/kg), yaitu hanya berkisar antara 2,95 – 12,09 mg/kg. Hanya tepung kecambah kedelai hitam yang memenuhi syarat SNI 3751:2009 untuk kandungan Zn yaitu sebesar 40,54 mg/kg.

Kandungan Fe dan Zn ini diduga berasal dari tepung kecambah kedelai hitam yang ditambahkan dalam tepung komposit. Beberapa mineral yang terdapat pada kedelai antara lain adalah Fe, Na, K, Ca, P, Mg, S, Cu, Zn, Co, Mn dan Cl. Mineral yang terpenting diantara mineral-mineral tersebut adalah Fe karena selain jumlahnya cukup tinggi, yaitu sekitar 0.9 - 1.5%. Fe juga terdapat dalam bentuk yang langsung dapat digunakan untuk pembentukan hemoglobin darah (Suliantari dan Rahayu, 1990). Secara umum kedelai merupakan sumber vitamin B, karena kandungan vitamin B1, B2, nisin, piridoksin dan golongan vitamin B lainnya banyak terdapat di dalamnya. Vitamin lain yang terkandung dalam jumlah yang cukup

banyak ialah vitamin E dan K. Vitamin A dan D terkandung dalam jumlah yang sedikit. Dalam kedelai muda terdapat vitamin C dengan kadar yang sangat rendah (Koswara, 1992).

Defisiensi Zn dan Fe dapat terjadi apabila asupan Zn dan Fe ke dalam tubuh tidak memenuhi kebutuhan harian tubuh. Kelompok orang yang paling rentan mengalami defisiensi Zn dan Fe adalah anak masa pertumbuhan, masa produktif, masa kehamilan dan masa penyembuhan. Kelebihan asupan Zn dalam tubuh (>100 mg/hari), juga berbahaya karena dapat menyebabkan toksisitas, seperti penurunan sistem imunitas, anemia, kekurangan Cu dalam tubuh, dan pengurangan kadar HDL (*high density lipoprotein*) kolesterol di dalam darah. Demikian juga dengan Fe, masukan >60 mg/kg berat badan akan menimbulkan toksisitas (Mulyaningsih, 2009).

Tabel 2. Hasil analisis kandungan mineral dan cemaran logam

No	Jenis Pengujian	SNI (2009)	Konsentrasi (mg/kg)					
			BP	UJ	KKH	A	B	C
1	Besi (Fe)	min. 50 mg/kg	20,13	10,78	27,33	24,27	14,39	7,41
2	Seng (Zn)	min. 30 mg/kg	11,81	2,95	40,54	15,31	12,09	8,59
3	Timbal (Pb)	maks. 1,0 mg/kg	0,42	0	0,13	0	0	0
4	Merkuri (Hg)	maks. 0,05 mg/kg	0	0	0	0	0	0
5	Kadmium (Cd)	maks. 0,1 mg/kg	0,07	0,05	0,09	0,13	0,07	0,05
6	Arsen (As)	maks. 0,50 mg/kg	0,55	0,28	0	0,23	1,50	0

Sumber : Data Primer, 2019, diolah

Keterangan :

BP = Tepung bonggol pisang batu, KKH=Tepung kecambah kedelai hitam, B = Tepung komposit B (Perbandingan 46:37:17)
 UJ = Tepung ubi jalar, A = Tepung komposit A (Perbandingan 54:29:17), C = Tepung komposit C (Perbandingan 37:46:17)

Defisiensi zat besi memerlukan perhatian khusus sebab pola kejadiannya tidak langsung terlihat namun pergerakannya cepat. Dampak negatif defisiensi zat besi pada bayi dan anak antara lain terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan kecerdasan, penurunan kinerja sistem imun tubuh sehingga mudah terinfeksi penyakit, bahkan dapat menyebabkan penurunan kualitas otak jika terjadi dalam waktu yang lama (Rossana, 2009). Mayoritas intervensi yang telah dilakukan untuk mengurangi masalah anemia defisiensi besi di Indonesia masih berkisar pada suplementasi atau pemberian tablet besi. Strategi lain yang jauh lebih efektif adalah fortifikasi makanan. Fortifikasi merupakan salah satu strategi untuk memperbaiki gizi masyarakat khususnya masalah defisiensi vitamin A dan zat besi (Asterini, Sugiyono dan Prangdimurti, 2016).

Berdasarkan Tabel 2, rerata hasil penelitian menunjukkan bahwa semua tepung komposit dan tepung penyusunnya masih dibawah ambang batas yang dipersyaratkan oleh SNI 3751:2009 yaitu maksimum 1,0 mg/kg. Keenam tepung memiliki kisaran kandungan Pb 0 – 0,42 mg/kg, sehingga dapat dikatakan masih dalam batas aman untuk dikonsumsi. Timbal secara alami ditemukan pada tanah,

tidak berbau dan tidak berasa, dan dapat bereaksi dengan senyawa lain membentuk berbagai senyawa timbal baik organik maupun non organik. Timbal dapat bersumber dari debu, udara, air, tanah yang terkontaminasi maupun bahan bakar bertimbal (Ariansyah, dkk., 2012). Menurut Rusdi, dkk. (2011) frekuensi pencucian berpengaruh signifikan terhadap kadar Pb yang dimungkinkan berasal dari air ledeng sebagai sumber pencemarnya, biasanya akibat adanya pengikisan logam berat dari pipa air yang sudah lama terjadi. Proses pencucian dalam pembuatan tepung menggunakan air ledeng yang belum diketahui kualitas airnya.

Pb dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan, makanan, dan minuman. *Accidental poisoning* seperti termakannya senyawa timbal dalam konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan gejala keracunan timbal seperti iritasi gastrointestinal akut, rasa logam pada mulut, muntah, sakit perut, dan diare. Menurut Darmono (1995), Pb dapat mempengaruhi sistem saraf, inteligensia, dan pertumbuhan. Pb di dalam tubuh terikat pada gugus SH dalam molekul protein dan hal ini menyebabkan hambatan pada aktivitas kerja sistem enzim. Efek logam Pb pada kesehatan manusia adalah menimbulkan kerusakan otak, kejang-

kejang, gangguan tingkah laku, dan bahkan kematian.

Berdasarkan Tabel 2, rata-rata hasil penelitian terhadap cemaran logam Hg menunjukkan bahwa semua tepung komposit dan tepung penyusunnya berada dibawah ambang batas yaitu 0 mg/kg, SNI 3751:2009 mempersyaratkan kandungan Hg di dalam tepung maksimum 0,05 mg/kg. Sehingga tepung komposit yang dihasilkan dapat dikatakan aman untuk dikonsumsi. Merkuri merupakan salah satu logam berat yang keberadaannya secara alami ada di lingkungan, sebagai hasil perombakan mineral melalui proses cuaca/iklim dan dapat ditemukan di udara, tanah, dan air yang dekat dengan tempat yang kotor dan berbahaya (Ariansyah, dkk., 2012).

Paparan Hg dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan bahaya karena Hg mudah meresap masuk ke dalam darah kemudian memasuki sistem saraf tubuh. Dalam jangka waktu yang pendek, Hg dalam dosis tinggi menyebabkan muntah-muntah dan diare, sedangkan dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan kerusakan permanen pada sistem syaraf otak, ginjal dan gangguan perkembangan janin (Madania dan Martani, 2014).

Berdasarkan Tabel 2, rata-rata hasil penelitian terhadap cemaran logam

Kadmium (Cd) menunjukkan bahwa hanya tepung komposit A yang melebihi batas maksimum yang dipersyaratkan SNI 3751:2009 yaitu sebesar 0,13 mg/kg, sedangkan batas maksimumnya adalah 0,1 mg/kg. tepung komposit B, C dan tepung penyusunnya masih diambang batas yang diperbolehkan yaitu berkisar antara 0,05 – 0,09 mg/kg. Menurut Balia, dkk. dikutip Rusdi, dkk. (2011), sumber Pb dan Cd biasanya berasal dari air ledeng akibat adanya pengikisan logam berat dari pipa air yang telah lama terjadi. Selain itu Cd juga dapat ditemukan pada biji-bijian seperti kacang kedelai. Pencemaran lahan pertanian oleh Pb dan Cd akibat pembuangan limbah industri sebagai efek alih fungsi lahan juga dapat menyebabkan menurunnya kualitas dan kuantitas produk pertanian karena kontaminasi logam berat ini telah sampai pada rantai makanan (Purwadinata dan Sutrisno, 2013).

Kadmium (Cd) adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi serta menghasilkan kadmium oksida bila dipanaskan. Cd umumnya terdapat dalam kombinasi dengan klor (Cd klorida), atau belerang (Cd sulfit). Kadmium bisa membentuk ion Cd^{2+} yang bersifat tidak stabil. Kadmium bersifat lentur, tahan terhadap tekanan, serta dapat dimanfaatkan

sebagai pencampur logam lain, seperti nikel (Ni), emas (Au), kuprum (Cu), dan besi (Fe). Tubuh manusia tidak memerlukan Cd dalam fungsi dan pertumbuhannya, karena Cd sangat beracun bagi manusia. Keracunan akut dapat menyebabkan gejala gastrointestinal dan penyakit ginjal (Said, 2010). Logam Cd masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan dan saluran pencernaan.

Cd terutama terdapat dalam kerak bumi bersama dengan seng (Zn). Terdapat satu jenis mineral Cd di alam, yaitu *green ockite* (CdS) yang ditemukan bersama mineral spalerite (ZnS). Kadmium (Cd) yang terdapat di dalam lingkungan pada kadar yang rendah berasal dari kegiatan penambangan seng (Zn), timah (Pb), dan kobalt (Co) serta kuprum (Cu). Sementara dalam kadar tinggi, kadmium berasal dari emisi industri, antara lain dari hasil sampingan penambangan, peleburan seng (Zn) dan timbal (Pb). Cd dari hasil sampingan peleburan dan *refining* bijih Zn rata-rata memiliki kadar Cd sebesar 0,2-0,3%. Sumber lain adalah dari sisa penggunaan lumpur kotor sebagai pupuk tanaman yang kemudian dibawa oleh angin dan air (Widowati, W, 2008).

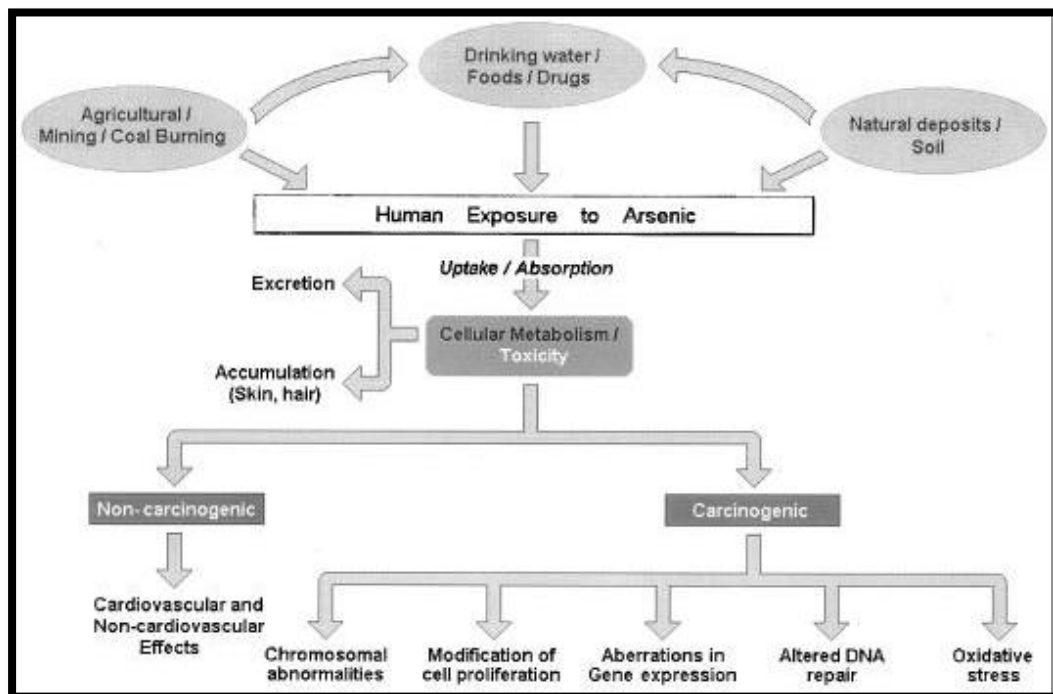
Berdasarkan Tabel 2, rata-rata hasil penelitian terhadap cemaran logam Arsen (As) menunjukkan bahwa tepung komposit

B melebihi batas maksimum yang dipersyaratkan yaitu sebesar 1,5 mg/kg, dimana batas maksimumnya menurut SNI 3751:2009 adalah 0,5 mg/kg. Tepung komposit A, C dan tepung penyusunnya masih didalam batas yang aman dengan kisaran 0 – 0,55 mg/kg. Menurut Budiyanto (2011), jumlah arsenik yang masuk ke dalam tubuh manusia berkisar antara 0,5 – 1 mg per hari dan jumlah paparan yang dapat diterima tubuh orang dewasa mendekati 20 mg, sehingga dapat dikatakan bahwa tepung komposit B masih aman untuk dikonsumsi walaupun melebihi batas maksimum yang dipersyaratkan SNI 3751:2009.

Arsenik ditemukan di semua organisme hidup. Air laut pada umumnya mengandung 0,006 – 0,03 ppm arsenik, sedangkan pada daerah geotermal aktif konsentrasinya dalam tanah mencapai 20 ppm dan akan meningkat seiring lamanya terpapar pestisida. Pada keadaan normal, tanah mengandung arsenik dengan konsentrasi 0,1 – 40 ppm. Konsentrasi arsenik dalam lingkungan dapat meningkat sebagai akibat dari aktivitas antropologis. Senyawa arsenik yang dibuat manusia digunakan untuk bidang pertanian sebagai pembasmi hama, parasit atau rumput liar dan secara berangsur-angsur terakumulasi dalam tanah serta dapat meningkatkan

signifikansi keterpaparan manusia oleh arsenik (Gambar 3). Kelarutan, stabilitas dan toksisitas seluler dari berbagai bentuk

arsenik sangatlah berbeda (Roy & Saha (2002) dikutip Budiyanto, 2011).



Gambar 2. Sumber keterpaparan manusia oleh arsenik dan berbagai model toksisitas arsenik

Sumber : Roy & Saha (2002) dikutip Budiyanto (2011)

As merupakan logam anorganik berwarna abu-abu yang kelarutannya sangat rendah dalam air dan terdapat pada tanah, air, udara pada konsentrasi yang rendah (Ariansyah, Yulianti dan R.J., 2012). Di masa lampau, As digunakan sebagai campuran tonikum dalam dosis yang kecil. Tetapi kemudian diketahui bahwa As menyebabkan kanker kulit bagi yang meminumnya. Keracunan akut akibat As menimbulkan gejala muntaber disertai darah, disusul dengan koma dan apabila dibiarkan menyebabkan kematian (Said, 2010).

Arsenik diakui sebagai komponen esensial bagi sebagian hewan dan tumbuh-tumbuhan, namun demikian arsenik lebih populer dikenal sebagai raja racun dibandingkan kapasitasnya sebagai komponen esensial. Senyawa ini labil dalam bentuk oksida dan tingkat racunnya sama seperti yang dimiliki oleh beberapa elemen lainnya, sangat tergantung pada bentuk struktur kimianya. Arsen anorganik seperti arsen pentaoksida memiliki sifat mudah larut dalam air, sedangkan arsen trioksida sukar larut di air, tetapi lebih mudah larut dalam lemak. Penyerapan

melalui saluran pencernaan dipengaruhi oleh tingkat kelarutan dalam air, sehingga arsen pentaoksida lebih mudah diserap

dibandingkan arsen trioksida (Widaningrum, dkk., 2007).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tepung komposit dan tepung penyusunnya memiliki karakteristik yang mendekati standar SNI tepung terigu dari segi karakteristik fisik, kandungan mineral, dan cemaran logam. Kandungan mineral besi (Fe) berkisar antara 7,41 – 27,33 mg/kg dan seng (Zn) 2,95 – 40,54 mg/kg. Cemaran logam timbal (Pb) berkisar antara 0 – 0,42 mg/kg, merkuri (Hg) 0 mg/kg, kadmium (Cd) 0,05 – 0,13 mg/kg, dan cemaran arsen (As) berkisar antara 0 – 1,50 mg/kg. Hasil penelitian ini dapat dijadikan

sebagai sumber informasi mengenai karakteristik fisik, kandungan mineral dan cemaran logam dari tepung bonggol pisang, ubi jalar, kecambah kedelai hitam, dan tepung kompositnya. Adanya informasi ini dapat menjadi acuan mengenai penggunaan tepung dalam suatu produk dan diharapkan mampu secara perlahan menggantikan peran tepung terigu sehingga komoditas lokal dikatakan dapat memberikan kontribusi dalam menjaga ketahanan pangan nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariansyah, K. A., Yuliati, K. and R.J., S. H. 2012. Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Hg, Cu Dan as) Pada Kerupuk Kemplang Di Desa Tebing Gerinting Utara, Kecamatan Indralaya Selatan, Kabupaten Ogan Ilir. *Jurnal Fishtech*, 1(1): 69–77.
- Astawan, M. and Hazmi, K. 2016. ‘Karakteristik Fisikokimia Tepung Kecambah Kedelai. *Jurnal Pangan*. 25(2): 105–112.
- Asterini, W., Sugiyono and Prangdimurti, E. 2016. Peluang Aplikasi Mikroenkapsulat Vitamin A dan Zat Besi sebagai) RUWL ġ NDQ Chance of Microencapsulat Application of Vitamin A and Iron as) RUWL ġ FDQWV. *Jurnal Pangan*, 25(1): 51–60.
- Budiyanto, F. 2011. Arsenik dan Senyawa Arsenik: Sumber, Toksisitas dan Sifat di Alam. *Oseana*, 36(4): 23–30.
- Catrien, Surya, Y. S. and Ertanto, T. 2008. Reaksi Mailard Pada Produk Pangan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Choirunisa, R. F., Susilo, B. and Nugroho, W. A. 2014. PENGARUH PERENDAMAN NATRIUM BISULFIT (NaHSO₃) DAN SUHU PENGERINGAN TERHADAP KUALITAS PATI UMBI

- GANYONG (Canna Edulis Ker) The Effects of Soaking Sodium Bisulfite (NaHSO_3) and Temperature Drying to the Quality of Canna Bulbs Starch (Canna Edulis Ker). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*: 2(2): 116–122.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.
- Koswara, S. 1992. *Teknologi Pengolahan Kedelai*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Loga, M. and Kambuno, N. 2014. Analisis Cemaran Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Tepung Terigu dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Info Kesehatan*, 12(1): 599–605.
- Madania and Martani, M. M. 2014 'Analisis logam merkuri (Hg) pada krim pemutih wajah merek x dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). *Al-Kimia*, 2(2): 80–90.
- Mulyaningsih, T. R. 2009. Kandungan Unsur Fe dan Zn Dalam Bahan Pangan Produk Pertanian, Peternakan dan Perikanan Dengan Metode k 0 - AANI. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 10(2): 71–80.
- Nurhadi, B. and Nurhasanah, S. 2010. *Sifat Fisik Bahan Pangan*. Bandung: Widya Padjadjaran.
- Rossana, E. 2009. Strategi Fortifikasi Zat Besi dengan Teknologi Mikroenkapsulasi dalam Upaya Pencegahan Anemia Defisiensi Besi pada Anak. Padang: Universitas Andalas.
- Rumapar, M. 2015. Fortifikasi Tepung Kedelai Pada Pembuatan Beras Instant Alternatif Berbahan Sagu Dan Cassava Fortification of Soyben Flour To Making on Instant Rice That Based on Sago and Cassava. *Majalah Biam*, 11(2): 37–48.
- Rusdi, B., Maulana, I. T. and Kodir, R. A. 2011. Analisis Kualitas Tepung Ampas Tahu. *Jurnal Matematika dan Sains*, 2(1): 133–140. Available at: https://jms.fmipa.itb.ac.id/ojs_3.0.2/index.php/jms/article/view/448.
- Said, N. I. 2010. Metoda penghilangan logam berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pd, Ni, dan Zn) di dalam air limbah industri. *Jurnal Air Indonesia*, 6(2): 136–148.
- Siregar, T. H. 2009. Pengurangan Cemaran Logam Berat Pada Perairan Dan Produk Perikanan Dengan Metode Adsorpsi. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 4(1): 24–30. doi: 10.15578/squalen.v4i1.153.
- Suharto. 1991. *Teknologi Pengawetan Pangan*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Suliantari and Rahayu, W. P. 1990. *Teknologi Fermentasi Biji-bijian dan Umbi-umbian*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB.
- Sumanti, D. M. 2017. *Karakteristik Kimia dan Fungsional Tepung Komposit (Bonggol Pisang, Ubi Jalar, Kedelai Hitam) serta Aplikasinya pada Biskuit Sinbiotik*. Universitas Padjadjaran.
- Utami, L. A. A. and Sujaya, N. 2013. Karakteristik Organoleptik Dan

- Gizi Pie Substitusi Terigu Dengan Tepung Pati Jagung Nusa Penida (*Zea mays*) Termodifikasi. *Arc. Com. Healty*, 2(2): 117–126.
- Widaningrum, Miskiyah and Suismono. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat Dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. *Buletin Teknologi Pasca Panen*, 3(1): 16–27.
- Widowati, S. 2009. Tepung Aneka Umbi Sebuah Solusi Ketahanan Pangan. *Tabloid Sinar Tani*.
- Widowati, W. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Wirakartakusumah, M. A., Abdullah, K. and Syarif, A. M. 1992. *Sifat Fisik Pangan*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB.