

Kandungan Fe dan Zn pada Beras Pecah Kulit dan Beras Sosoh dari Galur-Galur Padi Toleran Wereng Batang Cokelat

(Fe and Zn Content of Brown Rice and Milled Rice on Brown Planthopper Tolerant Rice Lines)

Wage Ratna Rohaeni^{1*}, Edi Supriadi², Untung Susanto¹, Tina Dewi Rosahdi²

(Diterima Mei 2016/Disetujui November 2016)

ABSTRAK

Selain karbohidrat, beras memiliki kandungan mineral lainnya yang berfungsi untuk pertumbuhan dan perkembangan organ vital manusia. Dilain pihak kandungan tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik dan proses penyosohan. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB PADI) memiliki koleksi galur-galur tahan wereng batang cokelat yang kandungan Fe dan Zn diteliti untuk merakit varietas unggul tahan wereng batang cokelat (WBC) berkekuatan besi dan seng tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui galur-galur tahan WBC potensial memiliki kandungan Fe dan Zn tinggi dan stabil. Penelitian dilakukan di Laboratorium XRF, BB Padi Sukamandi pada 2015. Uji kandungan Fe dan Zn menggunakan mesin XRF dengan sistem kinerja berbasis x-ray. Sebanyak 20 galur tahan WBC diuji kandungan Fe dan Zn pada beras pecah kulit dan beras sosoh dan diulang duplo. Hasil menunjukkan terdapat pengaruh penyosohan terhadap kandungan Fe dan Zn beras. Ada penurunan kandungan Fe dan Zn pada semua galur akibat penyosohan, yakni sebesar 56,31% untuk Fe dan 20,54% untuk Zn. Galur yang memiliki kandungan Fe tertinggi adalah BP19564b-WBC-1-1-4-3 (12,25 ppm), dan kandungan Zn tertinggi adalah BP19564b-WBC-1-9-8-3 (26,35 ppm). Galur yang memiliki persentase penurunan kadar Fe paling kecil setelah disosoh adalah BP19564b-WBC-1-9-4-2 dan untuk Zn adalah BP19564b-WBC-1-9-8-3.

Kata kunci: beras, galur padi tahan WBC, kandungan Fe dan Zn

ABSTRACT

In addition to carbohydrates, rice contains other minerals that function to growth and development of vital human organs. On the other hand, the content is influenced by genetic and milling processes. Indonesian Centre of Rice Research (ICRR) has genetic collection resistant to strains of the brown planthopper (BPH). Genotypes were studied to assemble the pest-resistant varieties with high iron (Fe) and zinc (Zn) content. This study aims to determine the BPH-resistant lines that had high and stable Fe and or Zn content. The study was conducted in XRF Laboratory, ICRR Sukamandi, West Java in 2015. Fe and Zn were determined by using XRF machine with a system of performance-based X-ray. Total 20 rice lines that resistant to BPH was used Fe and Zn content on brown and polished rice were evaluated duplo. The results showed that milling generally decreased the content of Fe and Zn at rate 56.31% and 20.54%, respectively. The highest Fe content was found in BP19564b-WBC-1-1-4-3 (12.25 ppm), while the highest Zn content in BP19564b-WBC-1-9-8-3 (26.35 ppm). Genotype BP19564b-WBC-1-9-4-2 and BP19564b-WBC-1-9-8-3 exhibited the lowest in reduction Fe and Zn content, respective, from brown to polished rice.

Keywords: BPH lines, Fe and Zn content, rice

PENDAHULUAN

Besi (Fe) merupakan salah satu mineral yang dibutuhkan manusia dalam jumlah yang sedikit tetapi memiliki fungsi yang vital dalam pembentukan hemoglobin. Defisiensi besi akan menyebabkan anemia (Juslina *et al.* 2013). Demikian juga terhadap mineral seng (Zn), Zn berperan dalam sintesa dan degradasi karbohidrat, lemak, protein, asam nukleat, dan pem-

bentukan embrio (Aggett & Comerford 1995). Zn memiliki fungsi pertumbuhan dan perkembangan, fungsi reproduksi, sensorik dan kekebalan, antioksidan, serta stabilisasi membran (Hidayat 1999). Menurut Welch dan Graham (2004), defisiensi Fe dan Zn menyumbang hampir dua per tiga angka kematian pada anak-anak di dunia. Oleh karena itu, para peneliti pertanian berupaya untuk menghasilkan komoditas yang mengandung cukup Fe dan Zn.

Menurut Mulyaningsih (2009), beras mengandung mineral Fe dan Zn dalam jumlah cukup. Kandungan Fe dan Zn dalam beras <50 µg/g. Oleh karena itu, selain mencukupi kalori, konsumsi beras memiliki peranan penting lainnya berupa mencukupi asupan Fe dan Zn. Sebelumnya, hasil penelitian Indrasari (2006a) menunjukkan bahwa rata-rata kandungan Fe

¹ Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Jalan Raya 9 Sukamandi, Subang 41256.

² Jurusan Kimia, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Jalan A.H. Nasution No. 105, Cipadung, Cibiru, Kota Bandung, Jawa Barat 40614.

* Penulis Korespondensi: E-mail: wagebbpadi@gmail.com

dan Zn pada beras di Indonesia berkisar 9,4–16,2 dan 18,4–35,0 ppm.

Salah satu fokus kegiatan pemuliaan saat ini adalah pembentukan galur padi berkadar Fe dan Zn tinggi. Pada tanaman padi, kandungan Zn dan Fe dipengaruhi oleh faktor genetik, namun berdasarkan Bouis *et al.* (2000), genotip yang memiliki kemampuan menyerap kandungan Zn yang tinggi belum tentu memiliki efisiensi kandungan Zn pada berasnya tinggi. Kandungan Zn/Fe pada padi dipengaruhi juga oleh derajat penyosohan beras (Payakapol *et al.* 2011), kandungan Zn/Fe pada tanah serta jenis tanah (Yustisia *et al.* 2012), perbedaan cuaca dan iklim saat penanaman, pemupukan dan pengairan (Yora *et al.* 2013), dan umur tanaman (Dianawati & Sugiarto 2015). Namun demikian, proses penyosohan merupakan salah satu langkah proses perubahan gabah menjadi beras. Maka, galur yang memiliki kandungan Zn/Fe tinggi dan penurunannya tidak drastis setelah penyosohan merupakan kandidat galur potensial kandungan Zn/Fe stabil. Harapannya, untuk mendapatkan asupan Zn/Fe tinggi, konsumen tidak perlu mengonsumsi beras pecah kulit yang kurang diminati oleh sebagian konsumen.

Pengaruh penyosohan diperkirakan sangat besar terhadap kandungan mineral pada beras. Hal tersebut dikarenakan dalam proses penyosohan ada pembuangan kulit ari dari beras. Seperti diketahui bahwa kandungan serat dan mineral berada pada kulit ari (Indrasari 2006a; Indrasari *et al.* 2008; Yora *et al.* 2013). Oleh sebab itu diperlukan galur-galur padi yang memiliki kandungan Fe dan Zn yang stabil, baik sebelum maupun setelah penyosohan. Menurut Liyanan *et al.* (2015), tingkat penurunan kandungan kadar mineral beras dari beras giling menjadi nasi juga terjadi karena adanya mineral yang larut pada waktu proses pencucian beras dan hilang karena pemanasan.

Pada proses pelepasan varietas, terdapat persyaratan utama, yaitu galur yang akan dilepas adalah galur yang memiliki ketahanan terhadap OPT penting salah satunya adalah wereng batang cokelat (WBC). Oleh sebab itu, penelitian pencarian galur-galur unggul dan memiliki kandungan Fe/Zn tinggi dapat direncanakan dengan memulai skrining WBC terlebih dahulu kemudian mencari galur yang memiliki kandungan Fe/Zn tinggi dan stabil terhadap proses penyosohan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui galur-galur tahan WBC potensial memiliki kandungan Fe/Zn tinggi dan stabil.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium XRF, Kelompok Peneliti Pemuliaan, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi), Sukamandi, Jawa Barat pada 2015. Bahan-bahan yang digunakan adalah gabah panen dari galur-galur hasil seleksi/skrining ketahanan WBC (wereng batang cokelat) biotipe 1

yang telah dilakukan pada musim tanam sebelumnya. Sebanyak 20 galur padi tahan WBC koleksi BB Padi diuji kandungan Fe dan Zn. Varietas Ciherang digunakan sebagai kontrol. Sampel gabah diambil dari hasil panen yang ditanam pada musim dan lokasi sama, yakni pada musim kering tahun 2015. Jenis tanah di Kebun Percobaan Sukamandi adalah alluvial.

Alat-alat yang digunakan meliputi *vacuum cleaner*, alat sosoh (*milling machine Ground/AC220V*), alat penggiling padi (*dehuller Setake*), dan mesin X-Ray Fluorescence (XRF). Mesin X-Ray Fluorescence (XRF) adalah alat untuk analisis kandungan Fe dan Zn pada sampel beras.

Sebanyak 20 sampel (masing-masing 50 g dengan kadar air rata-rata 14%) gabah padi galur WBC dan satu sampel kontrol digiling menggunakan *dehuller* untuk memisahkan beras dengan sekam. Kemudian dilakukan pemilahan beras kepala (beras yang tidak pecah), sedangkan beras yang keadaan buruk tidak digunakan. Beras yang utuh hasil *dehuller* dinamakan beras pecah kulit. Sampel beras pecah kulit diuji dengan menggunakan mesin XRF. Bobot sampel per tabung mesin XRF disamakan, yaitu sebanyak 3 g. Pengulangan analisis dilakukan sebanyak dua kali (*duplo*). Data kandungan Fe dan Zn pada beras pecah kulit (pk) merupakan data Fe dan Zn sebelum sosoh (Fe_0 dan Zn_0).

Sampel beras pecah kulit diteruskan untuk proses penyosohan beras. Alat yang digunakan adalah *milling machine*. Penyosohan dilakukan dengan prosedur beras pecah kulit disiapkan sebanyak 1 *cup* takar (3 g) dan dimasukkan ke alat *milling*. Penyosohan dilakukan selama 80 detik/sampel dengan derajat sosoh 100%. Setelah semua sampel beras selesai disosoh, dilanjutkan analisis Fe dan Zn menggunakan mesin XRF. Dengan demikian, sampel beras untuk memperoleh Fe_s dan Zn_s sama dengan dengan Fe_0 dan Zn_0 .

Kandungan Fe dan Zn dinyatakan dalam satuan ppm. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* Excel dan MINITAB 13. Analisis Uji-t (uji perbandingan nilai tengah) dilakukan antara data Fe dan Zn sebelum dan sesudah penyosohan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Kandungan Fe pada Galur-Galur Toleran WBC Akibat Penyosohan

Hasil uji-t menunjukkan terdapat pengaruh penyosohan yang nyata terhadap kandungan zink dan Fe beras galur-galur padi toleran WBC. Hasil uji-t menunjukkan bahwa kandungan Fe_0 dengan Fe_s adalah berbeda sangat nyata pada taraf kepercayaan 1%. Kandungan Fe setelah penyosohan sangat nyata lebih rendah dibandingkan sebelum penyosohan. Penurunan kandungan Fe pada semua sampel beras tersebut disebabkan adanya proses penyosohan. Menurut Indrasari (2006b), sebagian mineral Fe terdapat pada jaringan *aleurone* (kulit ari) dan sisanya

pada endospermae, sehingga proses terlepasnya kulit ari akibat proses penyosohan menyebabkan kandungan Fe dalam beras akan turun.

Berdasarkan Indrasari *et al.* (2008), kandungan Fe banyak terdapat pada lapisan *aleurone* beras dibandingkan bagian endospermae beras. Sedangkan zink memiliki potensi terdapat pada endospermae. Galur-galur yang memiliki kandungan Fe/Zn stabil pada beras merupakan yang diharapkan oleh konsumen karena pada dasarnya hampir semua konsumen di Indonesia jauh lebih suka mengonsumsi beras sosoh dibandingkan beras pecah kulit.

Proses penyosohan akan merubah sifat fisik maupun kimiawi dari sampel beras dimana warna menjadi lebih terang serta kandungan mineral juga berubah menjadi lebih sedikit. Hasil penelitian Mohapatra dan Bal (2007) menunjukkan bahwa penyosohan akan memperbaiki penampilan beras lebih menarik secara visual mutu tanak, aroma, dan rasanya lebih disukai.

Berdasarkan hasil uji laboratorium, diperoleh galur tahan WBC yang memiliki kandungan Fe paling tinggi dibandingkan galur lainnya, yaitu BP19564b-WBC-1-1-4-3 (12,25 ppm). Namun demikian kandungan pada galur tersebut masih lebih rendah dibandingkan cek varietas populer (Ciherang = 17 ppm). Galur paling rendah kandungan Fe pada beras pecah kulit adalah BP19912b-WBC-1-1-1-3 (8,80 ppm) dan Galur paling rendah kandungan Fe pada beras sosoh terdapat pada BP19912b-WBC-1-1-7-1 (3,75 ppm) (Tabel 1).

Uji kandungan Fe pada sampel beras sosoh menunjukkan bahwa terjadi perubahan kandungan Fe yang sangat signifikan menurun. Penurunan terbesar terdapat pada galur BP19912b-WBC-1-1-7-1 (76,95%) sehingga kandungan Fe yang terkandung

pada beras sosoh hanya tersisa 3,75 ppm. Ciherang yang awal memiliki Fe 17 ppm, bersisa 6,9 ppm. Terdapat galur yang memiliki kandungan Fe pada beras sosoh setara Ciherang, yaitu BP19564b-WBC-1-9-8-3 (6,30 ppm). Galur ini dapat mempertahankan kandungan Fe lebih efisien dibandingkan Ciherang. Efisiensi penurunan kandungan Fe akibat penyosohan dibandingkan Ciherang adalah sebesar 10,59%.

Berdasarkan penelitian Iswari *et al.* (2010) menunjukkan bahwa kandungan Fe pada beras sosoh Ciherang paling maksimal sebesar 15,52 ppm. Sehingga apabila ingin memperoleh asupan Fe tinggi pada varietas ini adalah pada beras pecah kulitnya. Dilain pihak dengan adanya galur yang dapat mempertahankan kandungan Fe pada beras sosoh, maka proses penurunan kandungan Fe dapat diminimalisir.

Perubahan Kandungan Zn pada Galur-Galur Toleran WBC Akibat Penyosohan

Perubahan kandungan Zn akibat penyosohan adalah nyata. Terlihat dari hasil uji t (Tabel 2) dimana p-Value <0,01 (sangat signifikan). Penurunan kandungan Zn tidak sebesar penurunan kandungan Fe. Hal tersebut senada dengan hasil penelitian Indrasari *et al.* (2008) bahwa penurunan Zn akibat penyosohan tidak sebesar penurunan kandungan Fe. Diduga bahwa kandungan Zn banyak terakumulasi pada bagian endospermae.

Hasil uji kandungan Zn menunjukkan bahwa galur tahan WBC yang memiliki kandungan Zn paling tinggi dibandingkan galur lainnya, yaitu BP19564b-WBC-1-9-8-3 (26,35 ppm) dan setara dengan Ciherang (27,20 ppm). Galur paling rendah kandungan Zn pada beras pecah kulit adalah BP19912b-WBC-1-1-7-2 (21,2 ppm) dan Galur paling rendah kandungan Fe pada

Tabel 1 Kandungan Fe pada beras pecah kulit dan beras sosoh galur-galur padi toleran WBC

Nomor galur	Konsentrasi Fe (ppm)		% Penurunan
	Fe _o	Fe _s	
BP19564b-WBC-1-9-4-2	10,15	5,45	46,31
BP19564b-WBC-1-9-7-2	10,45	5,55	46,89
BP19564b-WBC-1-9-8-2	11,00	3,95	64,09
BP19564b-WBC-1-9-8-3	11,85	6,30	46,84
BP19564b-WBC-2-1-1-1	11,05	4,55	58,82
BP19564b-WBC-2-1-1-3	9,45	4,70	50,26
BP19564b-WBC-2-7-3-1	10,60	3,95	62,74
BP19564b-WBC-2-7-3-3	12,05	5,10	57,68
BP19564b-WBC-2-7-6-3	12,10	4,65	61,57
BP19912b-WBC-1-1-1-3	8,80	3,85	56,25
BP19912b-WBC-1-1-7-1	11,70	3,75	67,95
BP19912b-WBC-1-1-7-2	12,10	5,60	53,72
BP19912b-WBC-1-1-7-3	10,85	5,25	51,61
BP19912b-WBC-1-1-8-1	10,80	5,10	52,78
BP19912b-WBC-1-7-4-1	11,40	4,35	61,84
BP19564b-WBC-1-1-2-2	11,50	5,00	56,52
BP19564b-WBC-1-1-2-5	10,15	4,75	53,20
BP19564b-WBC-1-1-4-3	9,75	3,90	60,00
BP19564b-WBC-1-1-4-3	12,25	5,55	54,69
BP19564b-WBC-2-3-10-9	11,20	4,55	59,38
Ciherang	17,00	6,90	59,41
Rata-rata	11,25	4,89	56,31
STDev	1,62	0,83	5,94

Keterangan: Fe_o = kandungan Fe awal, Fe_s = kandungan Fe setelah penyosohan

Tabel 2 Kandungan Zink pada beras pecah kulit dan beras sosoh galur-galur padi toleran WBC

Nomor galur	Konsentrasi Zn (ppm)		% Penurunan
	Zn _o	Zn _s	
BP19564b-WBC-1-9-4-2	23,15	19,55	15,55
BP19564b-WBC-1-9-7-2	25,05	19,95	20,36
BP19564b-WBC-1-9-8-2	24,70	18,65	24,49
BP19564b-WBC-1-9-8-3	26,35	15,60	40,80
BP19564b-WBC-2-1-1-1	21,70	17,3	20,28
BP19564b-WBC-2-1-1-3	22,40	19,05	14,96
BP19564b-WBC-2-7-3-1	21,95	17,45	20,50
BP19564b-WBC-2-7-3-3	21,80	17,05	21,79
BP19564b-WBC-2-7-6-3	22,70	17,65	22,25
BP19912b-WBC-1-1-1-3	21,45	16,7	22,14
BP19912b-WBC-1-1-7-1	21,80	13,4	38,53
BP19912b-WBC-1-1-7-2	21,20	18,6	12,26
BP19912b-WBC-1-1-7-3	22,15	18,05	18,51
BP19912b-WBC-1-1-8-1	22,70	17,9	21,15
BP19912b-WBC-1-7-4-1	21,65	19,1	11,78
BP19564b-WBC-1-1-2-2	21,35	19,15	10,30
BP19564b-WBC-1-1-2-5	22,60	18,75	17,04
BP19564b-WBC-1-1-4-3	22,90	18,4	19,65
BP19564b-WBC-1-1-4-3	23,10	18,75	18,83
BP19564b-WBC-2-3-10-9	22,70	18,15	20,04
Ciherang	27,20	21,7	20,22
Rata-rata	22,89	18,14	20,54
STDev	1,63	1,67	7,36

Keterangan: Zn_o = kandungan Zn awal, Zn_s = kandungan Zn setelah penyosohan

beras sosoh terdapat pada BP19912b-WBC-1-1-7-1 (13,4 ppm) (Tabel 2).

Penurunan kandungan Zn tidak sebanyak kandungan Fe, diduga kandungan Zn terdapat pada endospermae selain pada aleuron. Namun demikian terdapat penurunan terbesar, yaitu terdapat pada galur BP19564b-WBC-1-9-8-3 (40,8%) sehingga kandungan Zn yang terkandung pada beras sosoh hanya tersisa 15,6 ppm. Galur ini merupakan galur dengan kandungan Zn pada beras pecah kulit tertinggi, namun setelah penyosohan membuat kandungan Zn menurun sangat banyak. Terdapat galur yang memiliki kandungan Zn pada beras sosoh setara Ciherang, yaitu BP19564b-WBC-1-9-7-2 (19,95 ppm) (Tabel 2).

Penurunan kandungan Zn_o menjadi Zn_s terlihat tidak semua mengalami penurunan signifikan dan hanya pada beberapa galur yang mengalami penurunan signifikan akibat proses penyosohan. Ciherang mampu mempertahankan kandungan Zn pada beras sosohnya. Terdapat galur yang paling mampu mempertahankan kandungan Zn pada beras sosohnya, yaitu BP19564b-WBC-1-1-2-2. Persentase penurunan kandungan Zn hanya sebesar 10,3%. namun demikian, kandungan Zn pada galur ini masih berada diatas rata-rata nilai Zn keseluruhan galur. Kandungan Zn pecah kulit sebesar 21,35 ppm dan kandungan Zn sosoh sebesar 19,15 ppm.

Indrasari *et al.* (2008) menyatakan bahwa apabila merujuk pada kebutuhan Fe sebesar 13 ppm untuk pria dewasa dan 23 ppm untuk wanita dewasa (Munihal *et al.* 1989) serta Zn 15 mg/kapita (pria & wanita dewasa) dan dengan asumsi konsumsi beras rata-rata 300 kg/kapita/tahun maka varietas yang tergolong berpotensi baik adalah minimal seperti

dodokan dimana kandungan Fe 7,1 ppm dan Situ patenggang dengan Zn 29 ppm. Dengan demikian semua galur WBC berpotensi baik dalam memberi asupan kebutuhan Fe pada beras pecah kulit, namun pada beras sosoh hanya galur BP19564b-WBC-1-9-8-3 yang mendekati nilai kandungan Fe dodokan. Sedangkan untuk Zn adalah galur BP19564b-WBC-1-9-8-3 yang mendekati kriteria minimal kandungan zink.

KESIMPULAN

Kandungan Fe dan Zn mengalami penurunan yang nyata setelah proses penyosohan. Kandungan Fe dan Zn pada beras pecah kulit lebih tinggi dibandingkan beras sosoh. Galur WBC yang memiliki kandungan Fe tertinggi adalah BP19564b-WBC-1-1-4-3 (12,25 ppm) sedangkan untuk kandungan Zn tertinggi dimiliki oleh BP19564b-WBC-1-9-8-3 (26,35 ppm). Galur WBC yang memiliki persentase penurunan kadar Fe paling kecil dimiliki oleh BP19564b-WBC-1-9-4-2 dan untuk Zn adalah BP19564b-WBC-1-9-8-3.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggett PJ, Comerford JG. 1995. Zinc and human health. *Nutrition Reviews*. 53(9): S16–S22.
- Bouis HE, Graham RD, Welch RM. 2000. The Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) Micronutrients Project: justification and objectives. *Food and Nutrition*. 21(4): 374–381. <http://doi.org/bwd4>

- Dianawati N, Sugiarto RD. 2015. Penentuan Kadar Besi Selama Fase Pematangan Padi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4(2): 35–38.
- Hidayat A. 1999. Zink: Esensial Bagi Kesehatan. *Jurnal Kedokteran Trisakti*. 18(1): 19–27.
- Indrasari SD. 2006a. Kandungan mineral padi varietas unggul dan kaitannya dengan kesehatan. *Iptek Tanaman Pangan*. 1(1): 88–99.
- Indrasari SD. 2006b. Kandungan besi varietas padi. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 28(6): 13–14.
- Indrasari SD, Wibowo P, Daradjat AA. 2008. Kandungan mineral beras varietas unggul baru. In: *Prosiding Seminar Nasional BB Padi 2008*: 1457–1472. BMJ [Internet]. [diunduh 5 Des 2016]. Tersedia pada http://www.litbang.pertanian.go.id/special/padi/bbp_adi_2008_prosb412.pdf.
- Iswari SD, Suardi D, Ridwan I. 2010. Galur Padi Beras Hitam Hasil Kultur Antera. [diunduh 15 Februari 2016]. Tersedia pada <http://pustaka.litbang.pertanian.go.id/inovasi/kl10093.pdf>
- Juslina, Thaha AR, Virani D. 2013. Asupan Zat Besi (Fe) dan Hubungannya dengan Jenis Anemia pada Wanita Prakonsepsi di Kecamatan Ujung Tanah dan Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar. Makassar (ID): Universitas Hasanuddin.
- Liyanan, Septianingrum E, Kusbiantoro B. 2015. Kandungan unsur mineral seng (Zn), bioavailabilitas dan biofortifikasinya dalam beras. *Jurnal Sungkai*. 3(2): 65–73.
- Mohapatra D, Bal S. 2007. Effect of degree of milling on speci Energy consumption, optical measurement and cooking quality. *Journal of Food Engineering*. 80(1): 119–125. <http://doi.org/bkv6v5>
- Mulyaningsih TR. 2009. Kandungan unsur Fe dan Zn dalam bahan pangan produk pertanian, peternakan dan perikanan dengan metode k0-AANI. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*. 10(2): 71–80.
- Munihal A, Sudono, Krisdinamurtirin, Husaini, Sugih R, Khumaida M. 1989. *Angka kecukupan gizi rata-rata yang dianjurkan (AKG)*. Widyakarya Pangan dan Gizi. Jakarta (ID): Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Payakapol L, Moongngarm A, Daomukda N, Noisuwan A. 2011. Influence of Degree of Milling on Chemical Compositions and Physicochemical Properties of Jasmine Rice. In: 2010 International Conference on Biology, Environment and Chemistry. Singapore (SG). *IPCBE*. 1: 84–86.
- Welch RM, Graham RD. 2004. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *Journal of Experimental Botany*. 55(396): 353–364. <http://doi.org/chkmwt>
- Yora M, Wahyuni S, Akhilar AA. 2013. Evaluasi Kandungan Besi (Fe) dan Zink (Zn) Pada Beberapa Kultivar Padi Beras Merah Asal Sumatera Barat. Dalam: *Prosiding Seminar Hari Pangan Sedunia Ke-33*. Optimalisasi Sumber Daya Lokal Melalui Diversifikasi Pangan Menuju Kemandirian Pangan dan Perbaikan Gizi Masyarakat Menyongsong Masyarakat Ekonomi ASEAN 2015. Padang. Sumatera Barat (ID), 21–22 Oktober 2013.
- Yustisia, Tohari, Shiddieq Dj, Subowo. 2012. Pengkayaan Besi (Fe) dan Seng (Zn) dalam Beras dan Karakter Penentu Varietas Padi Sawah Efisien pada Tanah Vertisol dan Inseptisol. *Agrotop: Journal on Agriculture Science*. 2(1): 67–75.