

BIOFORTIFIKASI MINERAL FE DAN ZN PADA BERAS: PERBAIKAN MUTU GIZI BAHAN PANGAN MELALUI PEMULIAAN TANAMAN

Biofortification of Fe and Zn Minerals in rice: Improvement of Food Nutrition Quality through Plant Breeding

Siti Dewi Indrasari dan Kristamtini

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta
Jalan Stadion Maguwoharjo No. 22, Wedomartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta
Telp. (0274) 884662., Faks (0274) 4477052
E-mail: dewindrasari@yahoo.com

Diterima: 3 Oktober 2017; Direvisi: 8 Maret 2018; Disetujui: 22 Maret 2018

ABSTRAK

Beras adalah makanan pokok sebagian besar penduduk di Indonesia dan beberapa negara di Asia. Sebagai pangan utama, beras diketahui memiliki gizi mikro yang tidak memadai sehingga berpotensi menimbulkan kekurangan gizi bagi konsumen. Biofortifikasi merupakan salah satu inovasi dalam meningkatkan mutu gizi beras. Keuntungan biofortifikasi antara lain: (1) dapat dikembangkan pada bahan makanan pokok, (2) lebih murah dan menguntungkan dari segi budi daya karena benih yang telah terfortifikasi hanya diperlukan sekali di awal penggunaan, selanjutnya benih dari pertanaman berikutnya dapat dikembangkan lebih lanjut oleh petani lain, (3) bermanfaat bagi masyarakat konsumen rawan gizi, dan (4) produksi tinggi dan ramah lingkungan. Kadar mineral penting seperti Fe (besi) dan Zn (seng) pada beras dapat ditingkatkan melalui program biofortifikasi menjadi beras kaya Fe dan Zn. Beras bergizi tinggi yang berasal dari padi lokal maupun varietas unggul perlu segera dikembangkan setelah melalui proses pelepasan varietas. Sebelum itu, varietas tersebut juga perlu didaftarkan kepada pihak kompeten untuk dilindungi sebagai aset dan hak kekayaan intelektual (HKI) para peneliti dari pencurian dan pengakuan ilegal oleh pihak lain untuk kepentingan pribadi. Selain itu diperlukan pula sertifikasi beras berlabel jaminan varietas dari varietas padi yang dihasilkan melalui pemuliaan tanaman guna meningkatkan nilai tambah ekonomi dan melindungi hak konsumen.

Kata kunci: Padi, biofortifikasi, mutu gizi, pemuliaan tanaman

ABSTRACT

Rice is the staple food of most people in Indonesia and some countries in Asia. As the main food, rice is known to have inadequate micro nutrition so that it is potential to cause malnutrition for consumers. Biofortification is one of the innovations in improving the nutritional quality of rice. The benefits of biofortification include: (1) can be developed in basic foodcrops, (2) cheaper and beneficial in terms of cultivation because the seeds that have been fortified are only needed once in the first use, then the seed of the next crop can be further developed by other farmers, (3) beneficial to nutritious consumer communities, and (4) high production and environmentally

friendly. Important minerals such as Fe (iron) and Zn (zinc) in rice can be increased through biofortification programs into Fe and Zn dense rice. Highly nutritious rice derived from local rice and superior varieties needs to be developed after going through the process of release varieties. Prior to that, the variety also needs to be registered to competent parties to be protected as asset and intellectual property rights (IPR) of researchers from theft and illegal acknowledgment by others for personal gain. In addition, it is needed certification of rice labelled assurance of rice varieties produced through plant breeding to increase economic added value and protect consumer rights.

Keywords: Rice, biofortification, nutrition quality, plant breeding

PENDAHULUAN

Beras adalah makanan pokok sebagian besar penduduk di Indonesia dan beberapa negara di Asia. Sebagai pangan utama, beras diketahui memiliki gizi mikro yang tidak memadai sehingga berpotensi menimbulkan kekurangan gizi bagi konsumen. Biofortifikasi atau fortifikasi biologi merupakan salah satu cara dalam meningkatkan kandungan gizi mikro bahan pangan yang berperan penting mengatasi masalah gizi buruk dan kesehatan konsumen. Kandungan gizi bahan pangan dapat diperbaiki dan bahkan ditingkatkan melalui pemuliaan tanaman, baik secara konvensional maupun bioteknologi.

Di Indonesia, biofortifikasi menjadi penting dikaitkan dengan tingginya prevalensi anemia gizi besi (AGB). Pada anak balita, prevalensi AGB mencapai 28,1% dan cenderung menurun pada kelompok usia sekolah dan usia produktif, tetapi kembali meningkat pada usia 45-59 tahun dan di atas 60 tahun (BALITBANGKES 2013).

Anemia gizi besi terjadi bila konsentrasi hemoglobin (Hb) di bawah 11 g/dl pada ibu hamil, 12 g/dl pada ibu yang tidak hamil usia 15-49 tahun, dan 11 g/dl pada anak balita (BALITBANGKES 2013). Shaw dan Friedman (2011) menyatakan AGB dapat menyebabkan kematian ibu hamil pada saat persalinan, menurunkan produktivitas orang dewasa karena menurunnya daya tahan tubuh. Untuk

menanggulangi masalah tersebut, para ahli gizi dan kesehatan mengembangkan program suplementasi, diversifikasi pangan, fortifikasi, dan biofortifikasi.

Tulisan ini memberikan informasi dan pemahaman tentang upaya perbaikan mutu gizi beras melalui program biofortifikasi dan pemuliaan tanaman padi, dalam kaitannya dengan strategi pengembangan beras kaya Fe (besi) dan Zn (seng) sebagai salah satu upaya dalam menanggulangi masalah anemia gizi Fe dan defisiensi Zn di Indonesia.

PEMULIAAN TANAMAN PADI BERBASIS BIOFORTIFIKASI

Lima hal yang perlu mendapat perhatian dalam pengembangan biofortifikasi padi adalah: (1) variabilitas genetik besi padi dan penggunaannya dalam program pemuliaan tanaman, (2) keuntungan dan kerugian mengembangkan varietas padi kaya besi, (3) perubahan pola makan konsumen, (4) manfaat mengonsumsi beras yang mengandung zat besi bagi tubuh, dan (5) program intervensi lain yang lebih murah dibandingkan dengan program pemuliaan tanaman dalam menanggulangi anemia gizi besi (Bouis *et al.* 2000). Dalam jangka panjang, peningkatan produksi pangan kaya mineral dan keragaman menu yang dikonsumsi akan mengurangi defisiensi mineral. Dalam jangka pendek, mengonsumsi pangan kaya mineral dapat membantu mengatasi defisiensi mineral dengan meningkatkan kecukupan asupan mineral pada setiap individu selama siklus hidupnya (Bouis *et al.* 2011).

Varietas padi umumnya mengandung Fe 5-6 mg/kg (Gregorio *et al.* 2000). Lembaga Penelitian Padi Internasional (IRRI) telah mengembangkan galur padi IR68144-4B-2-2-3 yang mengandung Fe cukup tinggi, 21 mg/kg beras. Galur padi tersebut telah dilepas sebagai varietas unggul dengan nama Maligaya Spesial-13. Sementara, Waite Agricultural Research Institute, Adelaide University, telah mengembangkan varietas terigu yang efisien mineral seng (Graham *et al.* 1999). Amerika Serikat melalui program pemuliaan tanaman telah mengembangkan kedelai yang efisien mineral Fe untuk menanggulangi masalah tanah yang kekurangan besi.

Mineral dari tanaman penting artinya bagi manusia dan tanaman itu sendiri. Program pemuliaan tanaman dapat memberikan sumbangan nyata dan berkelanjutan dengan biaya murah untuk menanggulangi kahat mineral pada tanaman dan manusia. Selain itu, mineral juga dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan menguntungkan dari aspek lingkungan. Welch (1999) melaporkan bahwa mineral dibutuhkan tanaman pada fase awal pertumbuhan, perkembangan akar pada tanah yang kering, dan meningkatkan ketahanan terhadap penyakit, yang pada gilirannya meningkatkan produktivitas. Varietas tanaman yang menyerap mineral lebih efisien dan tidak banyak memerlukan input kimia sehingga berperan

penting dalam melestarikan lingkungan. Oleh karena itu, pemuliaan tanaman dengan biofortifikasi bertujuan untuk memperbaiki gizi konsumen, meningkatkan daya adaptasi varietas pada lingkungan tumbuh, dan menguntungkan dari segi agronomi dan ekonomi sehingga berpotensi dikembangkan secara luas.

Peningkatan kandungan Fe pada padi tidak akan mengubah penampakan, rasa, tekstur atau mutu tanak beras karena mineral besi merupakan unsur yang sangat halus. Hal ini tentu juga tidak akan mengubah cara menanam nasi dan pola makan konsumen. Berbeda dengan penambahan beta karoten pada beras yang mengubah penampakan beras menjadi kekuningan, yang akan mengurangi tingkat preferensi konsumen. Dengan demikian perlu pendidikan gizi bagi konsumen agar mengetahui bahwa beras berwarna kekuningan mengandung banyak vitamin A.

Penderita anemia umumnya adalah masyarakat berpenghasilan rendah yang tidak mampu membeli bahan pangan hewani yang kaya zat besi dengan bioavailabilitas tinggi. Golongan masyarakat ini mengandalkan beras sebagai bahan pangan pokok sekaligus sumber mineral yang dapat dikonsumsi setiap hari. Hal ini merupakan tantangan dan peluang bagi pemulia tanaman untuk merekayasa kandungan mineral pada beras.

Dalam sistem metabolisme tubuh manusia terdapat hubungan yang sinergi antara mineral besi dan seng. Pengaruh sinergis yang kuat menandakan perakitan varietas tanaman yang memiliki kadar Fe dan Zn tinggi akan lebih efektif menanggulangi anemia (King *et al.* 2000). Pengaruh kandungan besi atau seng pada bahan makanan pokok terhadap status gizi dan produktivitas masyarakat konsumen masih perlu diverifikasi melalui penelitian lebih lanjut.

BIOFORTIFIKASI BERAS

Biofortifikasi adalah salah satu upaya di bidang pertanian untuk meningkatkan kandungan gizi pangan yang merupakan salah satu faktor penting dalam ketahanan pangan nasional. Biofortifikasi beras menjadi penting sebagai salah satu inovasi dalam memperbaiki mutu gizi beras melalui peningkatan kandungan zat gizi, di antaranya mineral besi dan seng. Keuntungan biofortifikasi antara lain: (1) dapat dikembangkan pada bahan makanan pokok, (2) lebih murah dan menguntungkan dari segi budi daya karena benih yang telah terfortifikasi hanya diperlukan sekali di awal penggunaan, selanjutnya benih dari pertanaman berikutnya dapat dikembangkan lebih lanjut oleh petani lain, (3) bermanfaat bagi masyarakat konsumen rawan gizi, dan (4) produksi tinggi dan ramah lingkungan (www.harvestplus.org 2017).

Secara umum terdapat dua upaya biofortifikasi padi, yaitu melalui pemuliaan tanaman secara konvensional dan transformasi gen atau rekayasa genetik (bioteknologi).

Biofortifikasi konvensional merupakan salah satu upaya dalam meningkatkan kandungan gizi tanaman melalui persilangan konvensional dengan memanfaatkan plasma nutfah yang memiliki karakter yang beragam. Pemuliaan tanaman padi juga dapat diarahkan untuk mendapatkan varietas yang mempunyai kandungan mineral tinggi, seperti Fe untuk menanggulangi masalah anemia gizi besi. Syarat utama yang harus dipenuhi dalam memperbaiki kandungan mineral varietas padi adalah tersedianya plasma nutfah dengan keragaman genetik yang memadai untuk karakter yang akan diperbaiki, dalam hal ini kandungan Fe tinggi pada padi. Tahapan berikutnya adalah menyilangkan tanaman padi dari plasma nutfah yang telah teridentifikasi untuk menghasilkan genotipe atau varietas unggul baru yang memiliki kombinasi karakter yang diinginkan.

Jika varietas yang mengandung mineral besi dan seng tinggi telah dihasilkan melalui perakitan tanaman maka dapat dikembangkan lebih lanjut dalam skala luas. Hal ini diharapkan berkontribusi terhadap peningkatan kandungan gizi beras yang akan dikonsumsi masyarakat luas. Cara ini dinilai sebagai salah satu intervensi gizi bagi konsumen beras secara berkelanjutan dan murah karena dapat dijangkau oleh berbagai lapisan masyarakat, terutama konsumen dari golongan ekonomi menengah ke bawah.

Rekayasa genetik merupakan salah satu aplikasi bioteknologi modern dalam biofortifikasi tanaman. Dewasa ini penelitian transformasi gen telah berkembang pesat, termasuk dalam mendapatkan varietas unggul padi kaya mineral. Lucca *et al.* (2002) telah mentransformasi gen ferritin dari *Phaseolus vulgaris* ke tanaman padi guna meningkatkan kandungan Fe pada endosperm dan juga mentransformasi phytase toleran panas (*thermotolerant phytase*) untuk meningkatkan kandungan besi dua kali lipat pada tanaman agar memiliki bioavailabilitas tinggi.

Gen *nicotian amine synthase* (NAS) pada barley telah berhasil diekspresikan pada endosperm padi sehingga terjadi peningkatan kadar Fe pada beras giling (Lee *et al.* 2009). Upaya lain untuk meningkatkan kadar mineral Fe pada padi adalah mengekspresikan gen *OsNAS1*, *OsNas2*, dan *OsNas3* pada endosperm (Johnson *et al.* 2011). Beberapa hasil studi menunjukkan unsur Fe dapat memasuki endosperm dalam berbagai bentuk, walaupun mekanisme untuk mengimpor Fe ke dalam endosperm belum berkembang sepenuhnya. Variasi akumulasi Fe dalam berbagai bentuk memberikan pilihan bagi upaya peningkatan bioavailabilitas (Dipti *et al.* 2012).

Bioavailabilitas adalah efek dari setiap proses fisik dan kimia maupun fisiologis yang berpengaruh terhadap jumlah zat besi yang diserap tanaman bahan makanan sampai menjadi bentuk biologis yang aktif untuk dapat dimanfaatkan tubuh. Teknologi transgenik berhasil meningkatkan kandungan Fe pada beras tanpa kendala fisiologis yang berarti sehingga Johnson *et al.* (2011) menyimpulkan bahwa perbaikan kandungan Fe beras hanya dapat dicapai dengan teknik transgenik. Padi

transgenik kaya besi dan seng yang dikembangkan secara terbatas di lapangan menyumbang 30% kedua zat gizi tersebut pada beras (Trijatmiko *et al.* 2016).

Secara alamiah, kadar Fe pada beras relatif rendah, rata-rata 5-6 mg per kg pada beras giling. Walaupun beras bukan sumber mineral utama diet, namun setiap kenaikan konsentrasi mineral dapat membantu mengurangi defisiensi Fe dan Zn pada manusia karena tingginya konsumsi beras, terutama bagi masyarakat golongan ekonomi rendah di Asia (www.harvestplus.org, 2017).

Sejak tahun 1992 IRRI mulai mengevaluasi pengaruh karakteristik tanah tertentu terhadap kandungan Fe beras. Penelitian didukung oleh pemerintah Filipina dalam upaya mengeliminasi masalah AGB di negaranya dengan memperkaya kandungan Fe beras giling secara artifisial (fortifikasi). Beberapa varietas padi diuji pada kondisi tanah normal dan keracunan besi. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan kandungan Fe pada beras.

Pada tahun 1995, IRRI bekerja sama dengan University of Adelaide, Australia, memperluas materi penelitian dengan menambahkan unsur Zn. Penelitian menganalisis mineral berdasarkan standar internasional. Dalam kerja sama ini hampir 7.000 sampel dianalisis bersamaan dengan sampel tambahan dari China dan Bangladesh. Data ini sangat bermanfaat dalam pengembangan biofortifikasi padi karena berisi informasi penting tentang variasi genetik dan kandungan Fe dan Zn pada beras (Gregorio *et al.* 2000).

Terdapat 1.138 sampel padi yang ditanam di Kebun Percobaan IRRI dan analisis kandungan Fe dan Zn pada beras pecah kulit dilakukan di Department of Plant Science, University of Adelaide. Hasil analisis menunjukkan konsentrasi Fe pada beras berkisar antara 6,3-24,4 ppm dengan rata-rata 12,2 ppm, dan kadar Zn berkisar antara 13,5-58,4 ppm dengan rata-rata 25,4 ppm (Gregorio *et al.* 2000).

Pada Tabel 1 dapat dilihat perbandingan varietas padi berkadar Fe dan Zn tinggi yang diseleksi dari 1.138 sampel. Dua varietas yang populer di Asia, yaitu IR36 dan IR64, juga dianalisis sebagai pembandingan. Semua varietas padi yang diteliti tumbuh pada kondisi tanah dan musim yang sama. Jalmagna, varietas tradisional, memiliki kandungan Fe hampir dua kali lebih tinggi dari varietas unggul IR36 dan IR 64. Sementara kandungan Zn varietas lokal Jalmagna sekitar 40% lebih tinggi dari varietas IR64. Jalmagna adalah varietas padi apung yang tumbuh di beberapa tempat di timur India. Padi lokal Madhukar memiliki kandungan Fe sedikit lebih tinggi dari varietas Jalmagna dan kandungan Zn sangat tinggi. Varietas Madhukar adalah padi tadah hujan yang terdapat pada ekosistem lahan rawa di Timur India. Tanah di daerah ini sedikit agak alkalin dan kekurangan unsur Zn. Madhukar dikenal sebagai varietas padi yang efisien hara Zn. Zuchem, varietas padi tradisional japonika yang tumbuh di dataran tinggi (>2.000 m dpl) Bhutan, memperlihatkan kandungan Fe dan Zn yang tinggi, tetapi kandungan Fe

tidak setinggi pada varietas Jalmagna. Xua Bue Nuo, varietas tradisional China juga memiliki kadar Fe tinggi. Varietas unggul baru dengan kandungan Fe dan Zn tinggi tidak ditemukan pada kegiatan skrining varietas padi ini (Gregorio *et al.* 2000).

Kadar Fe tinggi juga ditemukan pada beras varietas padi aromatik. Dalam penelitian ini, padi aromatik dan nonaromatik ditanam pada lingkungan dengan kondisi yang sama. Kemudian, kandungan Fe dan Zn beras dari padi aromatik dan nonaromatik tersebut dianalisis. Beras aromatik secara konsisten memiliki kadar Fe dan Zn yang tinggi. Oleh karena itu, konsumen yang mengonsumsi beras aromatik mendapatkan asupan unsur Fe lebih tinggi dibanding konsumen yang mengonsumsi beras nonaromatik. Namun hal ini masih memerlukan penelitian lebih lanjut tentang serapan zat besi dalam usus manusia (Graham *et al.* 1997).

Saenchai *et al.* (2012) menemukan variasi konsentrasi Fe dan Zn pada beras pecah kulit dari genotipe padi yang berbeda, berkisar antara 4-24 mg Fe/kg dan 14-58 mg Zn/kg dari koleksi plasma nutfah padi IRRI dan 6-16 mg Fe/kg dan 17-59 mg Zn/kg dari varietas dan galur padi asal Thailand. Berdasarkan informasi tersebut, Welch dan Graham (2004) serta Bouis dan Welch (2010) menyarankan pentingnya program pemuliaan untuk menyeleksi genotipe padi kaya Fe dan Zn sebagai sarana untuk meningkatkan asupan kedua mineral ini bagi konsumen.

Laenoi *et al.* (2015) telah meneliti distribusi Fe dan Zn pada panjang butir beras dari enam varietas padi asal Thailand. Sampel beras dipotong melintang menjadi tiga fraksi per butir, yaitu basal, tengah, dan distal dengan panjang yang relatif sama pada setiap fraksi. Ternyata fraksi biji bagian tengah beras memiliki konsentrasi Fe dan Zn terendah, sedangkan konsentrasi Fe dan Zn yang lebih tinggi terdapat pada bagian basal dibanding fraksi lainnya. Oleh karena itu, dalam upaya pengembangan program biofortifikasi beras perlu memperhatikan potensi kehilangan Fe dan Zn selama penggilingan karena distribusinya tidak merata pada butir beras.

Studi efikasi biologi terhadap sejumlah suster pada 10 biara di Manila, Filipina, menunjukkan hasil yang positif.

Setelah mengonsumsi beras Maligaya Spesial-13 yang memberikan tambahan asupan 1,41 mg Fe per hari atau meningkat 17% dari pola makan biasa selama 9 bulan. Kandungan total Fe dalam tubuh dan plasma ferritin berbeda nyata antara responden yang mengonsumsi beras Maligaya Spesial-13 dengan beras varietas C4 (Hass *et al.* 2003).

Menurut Welch *et al.* (2002) dan Glahn *et al.* (2002), kandungan Fe pada beras tidak perlu tinggi tetapi harus tersedia dalam tubuh (*bioavailable*). Ketersediaan Fe dalam tubuh bervariasi dan tidak berkorelasi dengan kandungan Fe beras (Glahn *et al.* 2002). Zat antigizi seperti phytat, phenol, dan tannin berkontribusi menurunkan ketersediaan Fe dalam tubuh (Prom-u-thai *et al.* 2006). Hasil penelitian Indrasari *et al.* (2002) menunjukkan proses penyosohan menurunkan kandungan Fe pada beras 63% dan proses tanak menurunkan kandungan Fe pada nasi 13%. Hal ini disebabkan oleh adanya mineral yang larut pada saat proses pencucian beras dan hilang selama proses pemanasan.

Pemuliaan tanaman untuk mendapatkan varietas padi yang mengandung Fe tinggi telah dilakukan dengan memanfaatkan plasma nutfah koleksi Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi), yang terdiri atas padi liar, varietas lokal, galur harapan, dan varietas unggul baru. Hasil evaluasi terhadap beras pecah kulit yang mengandung Fe dan Zn dapat dilihat pada Tabel 2.

Kandungan Fe pada padi lokal di Indonesia lebih rendah (11,28 ppm) dibanding padi lokal di IRRI (13,2 ppm), namun kandungan Zn pada padi lokal Indonesia rata-rata lebih tinggi (31,37 ppm) dibanding padi lokal yang ada di IRRI (24,2 ppm). Kandungan Fe tertinggi padi lokal pada koleksi plasma nutfah di Indonesia ditunjukkan oleh varietas Padi Kuning sebesar 16,98 ppm. Kadar Fe dan Zn galur harapan padi di Indonesia rata-rata lebih tinggi, masing-masing 11,54 ppm dan 30,35 ppm, dibandingkan dengan galur harapan yang ada di IRRI, masing-masing 8,8 ppm dan 25,4 ppm. Salah satu galur yang berasal dari program pemuliaan BB Padi, yaitu BP138-E-KN-36-2-2, memiliki kandungan Fe tinggi, mencapai 26,46 ppm (Hanarida *et al.* 2004).

Tabel 1. Kandungan Fe dan Zn Beras Pecah Kulit (BPK) beberapa varietas tradisional dan varietas unggul.

Varietas	Fe		Zn	
	Rata-rata ± SE mg/kg	Jumlah sampel	Rata-rata ± SE mg/kg	Jumlah sampel
Jalmagna	22,4 ± 1,4	5	31,8 ± 7,7	4
Zuchem	20,2 ± 1,8	4	34,2 ± 5,0	3
Xua Bue Nuo	18,8 ± 0,8	2	24,3 ± 0,7	2
Madhukar	14,4 ± 0,5	3	34,7 ± 2,8	3
IR64	11,8 ± 0,5	3	23,2 ± 1,4	3
IR36	11,8 ± 0,9	5	20,9 ± 1,4	4

Sumber: Gregorio *et al.* (2000).

Tabel 2. Kandungan Fe dan Zn pada beras pecah kulit yang berasal dari koleksi plasma nutfah padi di Indonesia, 2001-2002.

Varietas	Jumlah sampel	Fe (mg/kg)		Zn (mg/kg)	
		Rata-rata \pm SE	Kisaran	Rata-rata \pm SE	Kisaran
Padi lokal	258	11,28 \pm 1,61	7,96–16,98	31,37 \pm 9,59	19,14– 66,18
Galur harapan	536	11,54 \pm 1,95	7,14–26,46	30,35 \pm 9,84	15,89– 70,54
Varietas unggul baru	35	11,54 \pm 1,60	9,43–16,22	24,46 \pm 5,45	18,39– 41,22
Padi liar	10	18,25 \pm 2,63	14,70–22,91	81,30 \pm 23,71	45,99–122,46

Sumber: Hanarida *et al.* (2004).

Kadar Fe pada padi liar di Indonesia rata-rata 18,25 ppm, lebih tinggi dibanding padi liar di IRRI, rata-rata 15,6 ppm. Sementara itu, kadar Zn pada padi liar asal Indonesia rata-rata 81,30 ppm (Tabel 2), jauh lebih tinggi dibanding padi liar koleksi IRRI, rata-rata 37,9 ppm (Gregorio *et al.* 2000). *Oryza puentata* adalah padi liar yang mengandung Fe tertinggi (23 ppm), sedangkan terendah adalah pada padi liar *Oryza barthii* (15 ppm) dan *Oryza glaberrima* (15 ppm) (Hanarida *et al.* 2004).

Kandungan Fe dan Zn varietas unggul baru padi di Indonesia (11,54 ppm dan 24,46 ppm) hampir sama dengan varietas padi populer di IRRI (13,0 ppm dan 25,7 ppm). Di antara varietas unggul baru padi, Cimelati mempunyai kandungan Fe tertinggi (16,2 ppm). Kandungan tertinggi Zn pada beras ditunjukkan oleh varietas Barumun, Celebes, dan Limboto, masing-masing 29 ppm (Indrasari *et al.* 2009).

Pada tahun 2001 telah diidentifikasi dua galur padi berkadar Fe tinggi pada beras pecah kulit, yaitu IR71218-39-3-2-MR-7 (18,6 mg/kg) dan IR68144-3B-2-3 (21 mg/kg). Kedua galur tersebut telah dimanfaatkan oleh pemulia tanaman sebagai tetua dalam persilangan. Pada tahun 2002 telah dievaluasi kadar Fe terhadap sejumlah galur harapan dan beberapa galur memiliki kadar besi relatif tinggi pada beras pecah kulit, yaitu BP138E-KN-36-2-2 (26 mg/kg) dan BP146D-KN-62-PN-1-4 (20 mg/kg). Hal ini mendorong perlunya membuat populasi silang puncak dan silang ganda (Hanarida *et al.* 2004).

Faktor genetik dan lingkungan berkontribusi terhadap kandungan Fe dan Zn pada beras giling. Dari segi produktivitas, galur BP9458F-21-1-4-B, BP9458F-36-8-B, dan BP9454F-20-3-B, dan BP9474C-1-1 merupakan genotipe terbaik. Berdasarkan kandungan Fe dan Zn, gebotipe terbaik ditunjukkan oleh galur BP9452F-12-1-B dan BP9474C-1-1. Berdasarkan penampilan hasil dan kandungan mineral beras giling, galur terbaik dan siap dilepas sebagai varietas unggul padi kaya Fe adalah BP 9452F-12-1-B dengan produktivitas rata-rata 4,97 t/ha, kadar Fe 7,90 ppm, dan kandungan Zn 25,7 ppm (Susanto *et al.* 2013).

Padi unggul baru varietas Inpari-5 Merawu mengandung Fe 18,3 ppm pada beras pecah kulit, sementara varietas populer Ciharang memiliki kadar besi

11,4 ppm pada beras pecah kulit (Hanarida *et al.* 2004 dan Indrasari *et al.* 2009). Inpari-5 Merawu dikembangkan melalui biofortifikasi konvensional dan dilepas sebagai varietas unggul padi nasional pada tahun 2008. Sesuai dengan karakteristik yang dimiliki, beras dari varietas padi Inpari-5 Merawu sebaiknya dikonsumsi dalam bentuk beras pecah kulit karena mengandung Fe dua kali lipat lebih tinggi dari beras giling (Tabel 3).

Sasaran dan Strategi Pengembangan Beras Kaya FE dan ZN

Sasaran Pengembangan

Anemia gizi besi (AGB) adalah salah satu masalah gizi masyarakat dunia dengan perkiraan prevalensi 24,8% (Shaw dan Friedman 2011). Prevalensi yang tinggi ditemukan di Afrika, Asia Tenggara, Asia Tengah, Selatan, Timur Tengah dan Amerika Latin, dimana dua per tiga anak balita dan 50% ibu hamil menderita anemia gizi besi (WHO 2008).

Salah satu penyebab tingginya prevalensi AGB di negara yang mengonsumsi beras sebagai makanan pokok adalah rendahnya kandungan mineral Fe pada beras giling dan rendahnya kemampuan masyarakat mengonsumsi bahan pangan kaya Fe dan mineral lain sebagai lauk pauk. Analisis terhadap 56 varietas padi menunjukkan kandungan Fe pada beras giling rata-rata 4,3 ppm (Bounphanousay 2007). Shaw dan Friedman (2011) melaporkan ketersediaan Fe rendah pada beras giling. Oleh karena itu, upaya pemerintah mengembangkan beras kaya Fe dan Zn sebagai komplementer program diversifikasi pangan diharapkan dapat membantu menurunkan angka prevalensi AGB.

Defisiensi Zn tidak menjadi masalah utama gizi di Indonesia, namun dampak yang ditimbulkan dapat menurunkan fungsi neuropsikologis yang mengakibatkan kematian penderita akibat terjadinya diare akut dan kronis. Pada ibu hamil, defisiensi Zn dapat mengakibatkan kesulitan pada proses persalinan, pertumbuhan janin terhambat, dan bayi bahkan mengalami cacat (Riyadi

Tabel 3. Perbandingan deskripsi varietas unggul padi Ciherang dan Inpari-5 Merawu.

Karakteristik	Ciherang	Inpari-5 Merawu
Nomor seleksi	S3383-1D-PN-41-3-1	IR65600-21-2-2
Asal persilangan	IR18349-53-1-3-1-3/ ³ * IR19661-131-3-1-3// ⁴ * IR64	Shen Nung 89-366/Ketan Lumbu
Golongan	Cere	Cere
Umur tanaman	116–125 hari	115 hari
Bentuk tanaman	Tegak	Sedang
Tinggi tanaman	107-115 cm	100–105 cm
Anakan produktif	14-17 batang	15 batang
Warna kaki	Hijau	Hijau
Warna batang	Hijau	Hijau
Warna telinga daun	Tidak berwarna	Putih
Warna lidah daun	Tidak berwarna	Hijau
Warna daun	Hijau	Hijau
Muka daun	Kasar pada sebelah bawah	Kasar
Posisi daun	Tegak	Tegak
Daun bendera	Tegak	Tegak
Bentuk gabah	Panjang ramping	Panjang dan agak gemuk
Warna gabah	Kuning bersih	Kuning bersih
Kerontokan	Sedang	Sedang
Kerebahan	Sedang	Sedang
Tesktur nasi	Pulen	Pulen
Kadar amilosa	23%	23,91%
Bobot 1.000 butir	28 g	27,41 g
Kandungan besi (BPK) [*]	11,4 ppm**	18,3 ppm***
Kandungan besi (BG) [*]	4,2 ppm	7,9 ppm
Rata-rata hasil	6,0 t/ha	5,74 t/ha
Potensi hasil	8,5 t/ha	7,20 t/ha GKKG
Ketahanan terhadap		
Hama	Tahan terhadap wereng coklat biotipe 2 dan agak tahan biotipe 3	Agak tahan terhadap hama wereng batang coklat biotipe 1,2, dan 3
Penyakit	Tahan terhadap hawar daun bakteri strain III dan IV	Tahan terhadap hawar daun bakteri strain III, agak tahan terhadap strain IV dan VIII. Rentan terhadap penyakit virus tungro inoculum varian no 073, agak tahan terhadap inoculum varian No. 031 dan 013.
Anjuran tanam	Baik ditanam di lahan sawah irigasi dataran rendah sampai 500 m dpl	Cocok ditanam pada lahan sawah hingga ketinggian lokasi 600 m dpl.

Sumber: Suprihatno *et al.* 2010

^{*)} BPK: Beras pecah kulit, BG: Beras giling

^{**)} Indrasari *et al.* 2009.

^{***)} Hanarida *et al.* 2004.

2007). Prevalensi defisiensi Zn di negara berkembang hampir sama karena pola konsumsi penduduk juga sama, yaitu mengonsumsi beras giling dan kurang beragamnya menu (Black *et al.* 2008).

Sasaran pengembangan beras kaya Fe dan Zn adalah konsumen yang tidak mampu membeli bahan pangan hewani yang kaya zat besi dan seng dengan bioavailabilitas tinggi. Golongan masyarakat ini mengandalkan beras sebagai bahan pangan pokok sekaligus sumber mineral yang dapat dikonsumsi setiap hari.

Strategi Pengembangan

Padi varietas Inpari-5 Merawu memiliki gizi mikro yang lebih baik yang ditandai oleh kandungan Fe yang lebih tinggi pada beras pecah kulit. Salah satu indikator yang menentukan preferensi petani dalam memilih varietas padi yang akan dikembangkan adalah kelayakan finansial usaha tani. Selain memiliki gizi mikro yang tinggi, padi varietas Inpari-5 Merawu juga memiliki hasil yang cukup tinggi, rata-rata 5,74 t/ha (Suprihatno *et al.* 2010). Jika hasil padi varietas Inpari-5 Merawu dijual dalam bentuk gabah

kering giling (GKG) dengan harga Rp 5.000 per kg maka diperoleh pendapatan Rp 28.700.000 per ha. Total biaya produksi termasuk biaya sewa lahan, saprodi, dan upah adalah Rp 13.000.000, sehingga menghasilkan *benefit cost ratio* (B/C) 1,21 dan *revenue cost ratio* (R/C) 2,21.

Agar memberikan nilai tambah yang lebih tinggi, beras varietas Inpari-5 Merawu yang mengandung Fe cukup tinggi seyogianya dijual dalam bentuk beras pecah kulit karena harganya lebih tinggi dari beras giling. Bila hasil padi varietas Inpari-5 Merawu dijual dalam bentuk beras pecah kulit (rendemen 80%) dengan harga Rp 9.250/kg diperoleh pendapatan sebesar Rp 42.476.000 per ha. Analisis usaha tani menunjukkan total biaya produksi varietas Inpari-5 Merawu, termasuk sewa lahan, sarana produksi, upah, dan upah giling gabah adalah Rp 14.000.000 per ha. Dengan demikian, keuntungan yang diperoleh dari usaha tani padi varietas Inpari-5 Merawu mencapai Rp 28.476.000 dengan B/C rasio 2,03 dan R/C rasio 3,03. Data ini menunjukkan varietas Inpari-5 Merawu layak dikembangkan dari segi agronomi dan ekonomi.

Beberapa varietas unggul dan padi lokal yang kaya gizi dan bermanfaat untuk kesehatan perlu dikembangkan untuk meningkatkan pendapatan petani dan memperbaiki gizi konsumen beras, terutama masyarakat yang berpenghasilan rendah. Sebelum dikembangkan, varietas unggul dan padi lokal kaya gizi tersebut dapat dilepas melalui pemutihan. Tahapan berikutnya adalah pendaftaran varietas kepada pihak kompeten, sesuai ketentuan berlaku, dan disertifikasi sebagai varietas padi yang menghasilkan Beras Berlabel Jaminan Varietas (BBJV).

Beras berlabel jaminan varietas dihasilkan dari varietas yang jelas, benih berlabel, tidak tercampur dengan beras varietas lain, dan mempunyai mutu yang sesuai dengan karakteristik varietas. Pelabelan beras dapat ditempuh melalui sistem sertifikasi produksi, mulai dari pengadaan benih dan tanam hingga tahap pengemasan. Proses ini dapat berjalan dengan baik apabila sistem pelabelan beras di Indonesia dilaksanakan dengan tepat.

BB Padi sebagai institusi yang menangani penelitian tanaman padi dalam skala nasional diharapkan dapat menginisiasi pengembangan Lembaga Sertifikasi Jaminan Varietas (LSJV) Beras yang bersifat independen. Lembaga ini diharapkan berfungsi dan bertanggung jawab memberikan sertifikasi bagi beras yang diproduksi dan dikemas menurut Standard Nasional Indonesia (SNI). Sertifikasi atau pelabelan produk beras dilakukan melalui serangkaian kegiatan yang meliputi inspeksi, audit sistem mutu, dan pengujian produk akhir. Dalam hal ini, tahapan proses yang harus dilakukan antara lain penyusunan dokumen sistem manajemen mutu yang memenuhi persyaratan Pedoman Badan Standarisasi Nasional (BSN) dan KAN (Komite Akreditasi Nasional).

KESIMPULAN

Produk pangan yang mempunyai nilai gizi tinggi dapat dikembangkan antara lain melalui program biofortifikasi, seperti beras kaya Fe dan Zn. Beras kaya gizi dapat digunakan sebagai komplementer dari program diversifikasi pangan yang telah dikembangkan pemerintah guna menanggulangi masalah gizi pada masyarakat, terutama dari golongan ekonomi lemah.

Beras bergizi tinggi yang berasal dari padi lokal maupun varietas unggul perlu segera dikembangkan setelah melalui proses pemutihan atau pelepasan varietas. Sebelum itu, varietas tersebut juga perlu didaftarkan kepada pihak kompeten untuk melindunginya sebagai aset yang berharga, termasuk Hak Kekayaan Intelektual (HKI) para peneliti, dari pencurian dan pengakuan ilegal oleh pihak lain untuk kepentingan pribadi. Selain itu diperlukan pula sertifikasi Beras Berlabel Jaminan Varietas (BBJV) dari varietas padi yang dihasilkan melalui pemuliaan tanaman guna meningkatkan nilai tambah ekonomi dan melindungi hak konsumen.

Penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk mempelajari ketersediaan (bioavailabilitas) unsur besi dan seng pada varietas padi yang kaya Fe dan Zn. Varietas padi dengan bioavailabilitas besi dan seng yang baik bermanfaat bagi kesehatan walaupun kadar Fe dan Zn pada beras tidak terlalu tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- (BALITBANGKES) Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. 2013. Riset Kesehatan Dasar 2013. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI. 306 hlm.
- Black, R.E., L.H. Allen, Z.A. Bhutta, L.E. Caulfield, M. de Onis, M. Ezzati, C. Mathers, and J. Rivera. 2008. Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. *Lancet* 371: 243–260.
- Bouis, H., R.D. Graham, and R.M. Welch. 2000. The Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) Micronutrient Project: Justification and Objectives. *Food and Nutrition Bulletin*. 21(4): 374–381.
- Bouis, H.E., R.M. Welch. 2010. Biofortification – a sustainable agricultural strategy for reducing micronutrient malnutrition in the global south. *Crop Sci* 50, S20–32.
- Bouis, H.E. C. Hotz, B. McClafferty, J.V. Meenakshi, W.H. Pfeiffer. 2011. Biofortification: a new tool to reduce micronutrient malnutrition. *Food Nutr. Bull.*, 32 (Suppl. 1) pp. S31–40.
- Bounphanousay, C. 2007. Use of phenotypic characters and DNA profiling for classification of the genetic diversity in black glutinous rice of the Lao PDR. *Agriculture*. Khon Kaen University. Ph. D. Agronomy, Khon Kaen, p. 118.
- Dipti, S.S., C. Bergman, S.D. Indrasari, T. Herath, R. Hall, H. Lee, F. Habibi, P.Z. Bacinello, E. Graterol, J.P. Ferraz, M. Fitzgerald. 2012. The potential of rice to offer solutions for malnutrition and chronic diseases. *Rice* 2012, 5: 16.
- Glahn, R.P., Z. Cheng, M.W. Ross, and G.B. Gregorio. 2002. Comparison of iron bioavailability from 15 rice genotypes: studies using an *in vitro* digestion caco-2 cell culture model. *J. Agric. Food. Chem.* 50: 3586–3591.

- Graham, R.D., D. Senadhira, I. Ortiz-Monasterio. 1997. A strategy for breeding staple-food crops with high micro nutrient density. *Soil Sci Plant Nutr.* 43: 1153–1155.
- Graham, R.D., D. Senadhira, S.E. Beebe, C. Iglesias, I. Ortiz-Monasterio. 1999. Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. *Field Crop Res* 60: 57–80.
- Gregorio, G., B.D. Senadhira, H. Tut, and R. Graham. 2000. Breeding for trace mineral density in rice. *Food and Nutrition Bulletin.* 21(4): 382–386.
- Hanarida, I., S. Dewi Indrasari and A. A. Daradjat. 2004. Indonesian Final Report Year III. Breeding for Iron Dense Rice: A low Cost, Sustainable Approach to Reducing Anemia in Asia. International Food Policy Research Institute (IFPRI) and Indonesian Center Food Crops Research and Development (ICFORD) (Breeding aspect) (Unpublished).
- Haas, J., J. Beard, A. Del Mundo, G. Gregorio, L.M. Kolb, and A. Felix. 2003. Biological efficacy of consuming rice biofortified with iron. *In* : Proceedings Feedback Seminar to Rice Feeding Study Participants. IHNH-College of Human Ecology. UPLB. Los Banos. p. 64–73.
- Indrasari, S.D., I. Hanarida, and A.A. Daradjat. 2002. Indonesian Final Report Year III. Breeding for Iron Dense Rice: A low Cost, Sustainable Approach to Reducing Anemia in Asia. International Food Policy Research Institute (IFPRI) and Indonesian Center Food Crops Research and Development (ICFORD) (Nutrition aspect) (Unpublished).
- Indrasari, S.D., E.Y. Purwani, S. Widowati, dan D.S. Damardjati. 2009. Peningkatan nilai tambah beras melalui mutu fisik, cita rasa, dan gizi. Padi Inovasi Teknologi Produksi. Buku 2. LIPI : Jakarta. hlm. 565–590.
- Johnson, A.T., B. Kyriacou, D.L. Callahan, L. Carruthers, J. Stangoulis, E. Lombi, M. Tester. 2011. Constitutive overexpression of the OsNAS Gene family reveals single gene strategies for effective iron- and zinc-biofortification of rice endosperm. *PLoS One* 6(9): e24476.
- King, J.C., C.M. Donangelo, L.R. Woodhouse, S.D. Mertz, D.M. Shames, F.E. Viteri, Z. Cheng, and R.M. Welch. 2000. Measuring iron and zinc availability in humans. *Food Nutr Bull.* 21: 434–439.
- Laenoi, S., C. Prom-u-thai, B. Dell, B. Rerkasem. 2015. Iron and zinc variation along the grain length of different Thai rice varieties. *Science Asia* (41): 386–391.
- Lee, S., J. U. Sil, L. S. Jin, K. Yoon-Keun, P. D. Pergament, S. Husted, S. Jan K, K. Yusuke, M. Hiroshi, N. Naoko K, A. Gynheung. 2009. Iron fortification of rice seed through activation of the nicotianamine synthase gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 22014–22019.
- Lucca, P., R. Hurrell, and I. Potrykus. 2002. Fighting iron deficiency anemia with iron-rich rice. Paper presented at First Annual Project Meeting, “Breeding for Iron Dense Rice: A Low Cost, Sustainable Approach to Reducing Iron Deficiency Anemia in Asia”, February 4–6, 2002, Cantho, Vietnam.
- Prom-u-thai, C., R.P. Glahn, R.M. Welch, S. Fukai, B. Rerkasem and L. Huang. 2006. Iron (Fe) bioavailability and the distribution of anti-Fe nutrition biochemical in the unpolished, polished grain fraction of five rice genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 86: 1209–1215.
- Riyadi, H. 2007. Zinc (Zn) untuk pertumbuhan dan perkembangan anak. *Dalam* S. Madaniyah et al. (Eds). Prosiding Seminar Nasional Penanggulangan Masalah Defisiensi Seng (Zn): From farm to table. SEAFAS Center Institut Pertanian Bogor dan ILSI. hlm. 33–67.
- Saenchai, C., C. Prom-u-thai, S. Jamjod, B. Dell, B. Rerkasem. 2012. Genotypic variation in milling depression of iron and zinc concentration in rice grain. *Plant Soil* 361, 271–278.
- Shaw, J.G. and F.J. Friedman. 2011. Iron deficiency anemia: focus on infectious diseases in lesser developed countries. *Anemia, Review Article* 2011:10. doi:10.1155/2011/260380
- Suprihatno, B., A.A. Daradjat, Satoto, Baehaki S.E., Suprihanto, A. Setyono, S.D. Indrasari, I.P. Wardana, dan H. Sembiring. 2010. Deskripsi Varietas Padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Subang. 114 hlm.
- Susanto, U., A.A. Daradjat, S.D. Indrasari, Nafisah dan C. Gunarsih. 2013. Genotype x Environment Interaction on Yield, Iron and Zinc Content of Biofortified Rice Polished Grains. *Dalam* proses penerbitan.
- Trijatmiko, K.R., C. Duenas, N. Tsarkirpaloglou, et al. 2016. Biofortified indica rice attains iron and zinc nutrition dietary targets in the field. *Sci. Rep.* 6, 19792.
- Welch, R.M. 1999. Importance of seed mineral nutrient reserves in crop growth and development. *In*: Z. Rengel (ed). *Mineral nutrition of crops: Fundamental mechanisms and implications.* New York: Food Products Press. pp. 205–226.
- Welch, R.M., W.A. House, S. Beebe, D. Senadhira, G.B. Gregorio, and Z. Cheng. 2002. Testing iron and zinc bioavailability in genetically enriched bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and rice (*Oryza sativa* L.) using rat model. *Food Nutr. Bull.* 21: 428–433.
- Welch, R.M., R.D. Graham. 2004. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *J. Exp Bot* 55: 353–64.
- [WHO] World Health Organization. 2008. Worldwide prevalence of anaemia 1993–2005. World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211, Geneva 27, Switzerland.
- www.harvestplus.org/what-we-do/nutrition. [2 Oktober 2017].