

SEBARAN POTENSI KANDUNGAN ZINC GALUR-GALUR PADI BIOFORTIFIKASI BERDASARKAN WARNA BERAS PECAH KULIT

ZINC CONTENT DISTRIBUTION OF BIOFORTIFICATION RICE LINES BASED ON THE COLOR OF BROWN RICE

Wage Ratna Rohaeni^{1,2*}, Untung Susanto³, Willy Bayuardi Suwarno⁴, Trikoesoemaningtyas⁴,
Munif Ghulamahdi⁴, Hajrial Aswidinnoor⁴

¹Pascasarjana Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian,
Institut Pertanian Bogor

Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

²Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi, BSIP – Kementerian Pertanian
Jl. Raya Sukamandi No.9, Rancajaya, Kec. Patokbeusi, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41256

³Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong, Bogor

Jl. Kp. Sampora No.5, Nanggung Mekar, Cibinong Kabupaten Bogor Jawa Barat

⁴Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

Korespondensi: wageratna@apps.ipb.ac.id

Diterima: 09 Maret 2023/Disetujui: 31 Mei 2023

ABSTRAK

Zinc (Zn) merupakan mikronutrisi esensial untuk tanaman dan juga manusia. Perakitan varietas padi *zinc* tinggi pada beras-beras berwarna akan meningkatkan nilai tambah gizi beras yang dikonsumsi. Keragaman kandungan *zinc* berdasarkan warna beras perlu diketahui untuk melihat peluang diperolehnya varietas beras berwarna dengan keunggulan *zinc* tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi *zinc* berdasarkan warna beras pecah kulit. Penelitian dilaksanakan Laboratorium Pemuliaan BB Padi dari bulan Februari sampai Juli 2022. Sebanyak 970 galur hasil persilangan biparental dan 10 varietas digunakan sebagai materi penelitian. Sampel berupa beras pecah kulit dari plot penelitian lapangan dengan rancangan *augmented* 5 blok. Analisa kandungan *zinc* menggunakan metode X-ray *Fluorescences* mesin XRF Machine Supreme 8000. Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata kandungan *zinc* berdasarkan warna BPK. Beras putih memiliki rentang kandungan *zinc* yang paling luas dibandingkan beras merah dan hitam. Potensi *zinc* maksimum terdapat pada beras putih dapat mencapai 55,82 mg kg⁻¹ dan potensi maksimum hasil 138,29 g per rumpun. Genotip padi semua kategori tipe beras hitam memiliki rentang kandungan *zinc* di atas potensi Inpari IR Nutri Zinc. Tipe beras Hitam C adalah beras yang memiliki varian paling luas. Tipe beras hitam yang memiliki peluang kandungan *zinc* sangat tinggi dan potensi hasil tinggi adalah tipe Hitam B dan Hitam E.

Kata kunci: hasil, padi, pigmen, *zinc*.

ABSTRACT

Zinc (Zn) is an essential micronutrient that is very useful for plants as well as humans. Breeding high zinc rice varieties and pigmented varieties will increase the added nutritional value of the rice consumed. Knowing the distribution of zinc content based on pigmented rice is necessary to see the opportunities for obtaining pigmented rice lines with high zinc. This study aimed to determine the potential distribution of zinc based on the pigment of brown rice. The research was carried out at the Breeding Laboratory of the Indonesian Center for Rice Research from February to July 2022. A total of 970 lines derived from various biparental crosses and 10 varieties were used as research material. The samples were brown rice from a field research plot arranged in an augmented design with 5 blocks. Analysis of zinc content used the X-ray Fluorescence method using the XRF Machine Supreme8000. The results showed that there was a significant difference in Zn content based on CPC color. White rice had the widest range of zinc content compared to brown and black rice. The maximum zinc content found in white rice was 55.82 mg kg⁻¹ and the maximum yield potential was 138.29 g per hill. The black rice genotypes in all categories had a zinc content exceeding the Inpari IR Nutri Zinc potency. Black rice type C was the one with the widest variety. Types of black rice with high zinc content and high yield potential are Black B and Black E types.

Keywords: pigment, rice, yield, zinc

PENDAHULUAN

Beras berpigmen semakin menarik perhatian konsumen karena kaya akan senyawa bioaktif (antioksidan dan antiinflamasi), dan manfaat kesehatan lainnya. Nutrisi *zinc* (Zn) sangat berperan dalam mencegah stunting. Asupan yang tidak memadai dapat menyebabkan disfungsi imun yang diperantarai sel, gangguan kognitif, dan yang paling menonjol adalah retardasi pertumbuhan (Abdollahi *et al.*, 2019). *Zinc* adalah mikronutrien penting untuk metabolisme manusia yang mengkatalisasi lebih dari 100 enzim, memfasilitasi pelipatan protein, dan membantu mengatur ekspresi gen (Saper & Rash 2009; Praharaj *et al.*, 2021). *Zinc* memiliki sifat antivirus terhadap sejumlah spesies virus (Read *et al.*, 2019). *Zinc* berfungsi memperkuat sistem pertahanan jaringan terhadap sejumlah patogen (Wessels *et al.*, 2020).

Minat masyarakat mengkonsumsi sumber pangan yang menyehatkan semakin

meningkat. Dilaporkan bahwa selama masa pandemik Covid-19, pola konsumsi makanan sehat seperti sayuran, buah-buahan dan pangan sehat lainnya meningkat 32,3% dan konsumsi suplemen vitamin meningkat 53,3% (Mustakim *et al.*, 2021). Minat konsumsi terhadap beras berpigmen kian menggeliat pasca pandemik. Hal tersebut karena terkait kesehatan manusia, kandungan Zn yang tinggi dalam beras bermanfaat bagi konsumen untuk mengantisipasi defisiensi Zn dan mencegah masalah beberapa kesehatan seperti kanker (Li *et al.*, 2021). Beras berpigmen memiliki senyawa bioaktif yang tinggi, diantaranya fenolik, flavonoid, asam amino, fitosterol, antosianin, oryzanol, dan senyawa fungsional lainnya (Ravichanthiran *et al.*, 2018). Beras berpigmen relatif lebih bergizi, mengandung lebih banyak lipid, mineral, vitamin, serat makanan, dan mikronutrien (Zhao *et al.*, 2020). Beras berpigmen memiliki kemampuan menangkap radikal bebas lebih tinggi dibandingkan beras putih

(Widyawati *et al.*, 2014). Nilai gizi beras hitam/ungu memiliki potensi untuk digunakan dalam produksi makanan dan minuman sehat, seperti produk fungsional dan sereal bebas gluten, sehingga memberikan manfaat kesehatan tambahan bagi konsumen (Ito & Lacerda, 2019). Dilaporkan bahwa beras hitam sebagai sumber alami Zn dan antosianin (Utasee *et al.*, 2022).

Varietas padi berpigmen dan bernutrisi zinc tinggi diperlukan untuk menjadi salah satu alternatif sumber pangan utama sekaligus menyediakan tambahan nutrisi. Meningkatkan kandungan Zn dan antosianin pada beras merupakan inovasi yang menjanjikan untuk mengurangi risiko beberapa penyakit serius di masyarakat yang mayoritas mengkonsumsi nasi (Utasee *et al.*, 2022). Kandungan gizi menjadi salah satu indikator yang akan mempengaruhi preferensi konsumen terhadap beras berpigmen (Dewi & Hayati, 2021).

Kementerian Pertanian melalui Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi (BBPSI Padi) terus merakit varietas unggul baru sesuai standar preferensi petani, konsumen dan *end user* lainnya. Sampai saat ini, telah berhasil dirakit dan dilepas varietas unggul baru dengan kandungan zinc tinggi diantaranya Inpari IR Nutri Zinc yaitu varietas padi beras putih untuk sawah irigasi, Inpago 13 Fortiz yaitu padi beras putih untuk lahan kering/gogo, dan Inpara Siam High Zinc yaitu padi beras putih untuk lahan rawa. Melihat pola konsumsi konsumen yang sudah banyak menuju pangan sehat dengan mengkonsumsi pangan-pangan fungsional seperti beras merah dan hitam, maka perakitan varietas berpigmen dengan tambahan nutrisi zinc dapat menambah pilihan bahan baku konsumsi yang menyehatkan.

Saat ini telah dilakukan persilangan biparental antara tetua yang memiliki kandungan zinc tinggi dengan tetua genotip padi hitam serta padi tipe khusus lainnya di Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi-Kementerian Pertanian. Salah satunya adalah persilangan antara Padi lokal hitam Pulut Timuru dengan varietas unggul baru padi bersa putih Inpari 42 GSR (belum dipublikasikan). Konsentrasi antosianin dan Zn gabah bervariasi menurut genotip padi (Fongfon *et al.*, 2021). Kandungan Zn bervariasi pada berbagai genotip padi berpigmen (Utasee *et al.*, 2022). Hasil observasi kandungan Zn pada genotip padi berpigmen koleksi IRRI menunjukkan rentang kandungan Zn hasil Analisa menggunakan metode *Wet Digestion* Jones *et al.* (1991) yakni 133–224 mg kg⁻¹ (Faiz *et al.*, 2015). Pada genotip-genotip padi berpigmen koleksi negara Thailand menunjukkan variasi dari rendah sampai tinggi yakni 19,0 – 41,3 mg kg⁻¹ hasil pembacaan Hitachi Z-8230 Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (Fongfon *et al.*, 2021; Jaksomsak *et al.*, 2021), dan kandungan Zn yang cukup rendah pada genotip beras berpigmen koleksi yang berasal Lao PDR 15,5 - 19,5 mg kg⁻¹ (Xionsiyee *et al.*, 2018). Namun demikian, studi kaitan warna pigmen beras dengan kandungan *zinc* belum begitu banyak dilakukan di Indonesia.

Dalam rangka mengoptimalkan strategi pemuliaan untuk perakitan padi berpigmen dengan tambahan nutrisi *zinc*, maka diperlukan studi untuk melihat peluang potensi kandungan *zinc* pada berbagai jenis warna beras. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi kandungan *zinc* pada berbagai jenis warna beras pecah kulit juga potensi hasil berupa berat gabah isi per rumpun.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan Laboratorium Pemuliaan Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi (BBPSI Padi) dari Februari sampai Juli 2022. Sebanyak 965 galur generasi F3 dari berbagai persilangan biparental dan 10 varietas tetua persilangan digunakan sebagai materi penelitian. Varietas cek *zinc* tinggi diantaranya Inpari IR Nutri Zinc (varietas biofortifikasi zinc tinggi yang sudah berkembang di Indonesia), B13884-MR-29-1-1, Inpago 13 Fortiz, Pulut Timuru. Varietas cek *zinc* rendah diantaranya UG-1, Inpari 42, Tarabas, dan UG-2.

Penelitian menggunakan rancangan *augmented design* 5 blok. Masing-masing blok ditanam 194 galur dan 10 varietas cek. Setiap galur ditanam dari benih malai menjadi 1 barisdengan jumlah 20 rumpun. Varietas cek berasal dari benih sumber pemulia (Kelas Breeder Seed–BS) dan ditanam 2 baris berisi 20 rumpun (total tanaman cek 40 rumpun). Semua galur dan variets cek ditanam 1 bibit per lubang. Pemupukan diaplikasi merujuk hasil Analisa Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS). Dosis pupuk yang digunakan adalah 250 kg ha⁻¹ Urea, 100 kg ha⁻¹ SP36, 100 kg ha⁻¹ KCl. Aplikasi pemupukan diantaranya: Pemupukan ke-1 pada umur 2 MST (minggu setelah tanam) yaitu 1/3 dosis Urea, 100 kg ha⁻¹ SP36, 100 kg ha⁻¹ KCl. Pemupukan ke-2 pada saat anakanmaksimum yaitu 1/3 dosis Urea. Pemupukanke-3 pada saat primordial bunga yaitu 1/3 dosis urea.

Variabel yang diamati adalah berat keringgabah isi per rumpun, kandungan Fe (mg kg⁻¹), kandungan Zn (mg kg⁻¹), dan warna beras pecah kulit. Beras pecah kulit diperoleh dengan menggunakan mesin pemecah kulit padi *Satake THU Testing*

Husker.

Pengukuran konsentrasi Zn (ppm) pada sampel beras pecah kulit diukur dengan menggunakan mesin XRF (Oxford Instrument X-Supreme8000) yang telah divalidasi dengan metode ICP (*Inductively coupled plasma*). Mesin tersebut berada di Laboratorium Pemuliaan Tanaman BB Padi - Badan Standarisasi Instrumen Pertanian (BSIP) di Sukamandi, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Sebanyak 25 g sampel gabah dari setiap galur dipecah kulit menggunakan Satake THU Testing Husker. Sampel beras kemudian disortir untuk mendapatkan beras kepala yang utuh dan bersih dari kotoran kemudian digunakan untuk pengukuran kadar Zn menggunakan mesin XRF. Metode pembacaan pada alat XRF menggunakan *Rice15*. Inpari IR Nutri Zinc (disingkat Inpari IR NZ) menjadi patokan kandungan *zinc* biji pecah kulit karena merupakan varietas unggul baru yang sudah berkembang luas dan kandungan *zinc* paling tinggi dibandingkan VUB biofortifikasi lainnya (berdasarkan deskripsi VUB).

Analisa data yang dilakukan adalah Analisa LSMean menggunakan aplikasi SAS. Selanjutnya data adjustmen dari output LSMean digunakan untuk Analisa Varian karakter Zn, Fe, dan gabah kering giling per rumpun berdasarkan warna beras pecah kulit dan jika hasilnya berbeda nyata dilanjutkan dengan uji Duncan. Analisa *boxplot* dilakukan terhadap data kandungan *zinc* berdasarkan warna beras.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman karakter warna beras pecah kulit, Zn dan berat gabah kering giling per rumpun

Variasi warna beras pecah kulit (BPK) dari galur-galur yang dipelajari disajikan pada Gambar 1. Terdapat 8 kelas warna

yaitu putih, merah, dan 6 kelas hitam. Kelas warna hitam diantaranya Hitam A yaitu hitam dengan karakter warna hitam pekat, kelas warna beras Hitam B yaitu dengan karakter warna hitam pekat dan di ujung dekat embrio berwarna coklat, kelas warna Hitam C yaitu dengan karakter warna hitamsemburat coklat gelap dan di ujung dekat embrio berwarna coklat terang, kelas warna Hitam D yaitu dengan karakter warna coklat dan garis hitam di bagian punggung beras serta berwarna coklat terang di ujung dekat embrio, kelas

warna beras Hitam E yaitu dengan karakter warna coklat transparan dan *list* hitam di bagian punggung beras, kelas warna beras Hitam F yaitu dengan karakter warna *mix* hitam dan putih. Cukup menarik pada tipe warna beras Hitam F karena dalam 1 rumpun yang berasal dari 1 biji yang ditumbuhkan memiliki 2 warna berbeda dalam 1 rumpun, di dalam 1 malai terdapat beras hitam dan beras putih. Fenomena tersebut diduga akibat adanya efek epistatik (Gambar 1).



Gambar 1. Keragaman warna beras pecah kulit galur-galur yang diuji

Hasil analisis varian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata antar kelas warna untuk karakter Zn, Fe, dan berat gabah kering giling (Tabel 1). Berdasarkan uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa nilai rata-rata kandungan *zinc* dari kelompok genotip beras berwarna hitam (semua jenis warna hitam) lebih tinggi dan berbeda nyata dengan nilai rata-rata kandungan *zinc* kelompok genotip beras putih dan merah. Hal tersebut ditandai dengan huruf di belakang angka hasil uji lanjut yang berbeda. Kandungan *zinc* rata-rata tertinggi dimiliki kelompok genotip dengan karakter warna Hitam D (39,87 mg kg⁻¹) dan terendah dimiliki oleh genotip-genotip tipe warna beras merah (25,57 mg kg⁻¹).

Genotip dengan karakter warna beras Hitam B memiliki Fe tertinggi (17,20 mg kg⁻¹) dibandingkan jenis beras warna lainnya.

Genotip padi dengan beras berwarna hitam memiliki potensi kandungan Zn yang lebih tinggi dibandingkan warna merah dan putih. Sesuai dengan hasil penelitian Jaksomsak *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa terdapat korelasi nyata dan positif antara kandungan antosianin dengan kandungan Zn biji. Semakin tinggi kandungan antosianin maka semakin tinggi kandungan Zn. Antosianin adalah senyawa yang banyak dimiliki oleh genotip beras hitam (Ito & Lacerda, 2019).

Pada penelitian ini dihasilkan 832 galur berwarna beras putih, 17 galur warna merah, 19 galur berwarna Hitam A, 26

galur berwarna Hitam B, 36 galur berwarna Hitam C, 19 galur berwarna Hitam D, 5 galur berwarna Hitam E, dan 22 galur berwarna Hitam F (Tabel 1). Galur-galur yang berkandungan *zinc* tinggi tersebut akan diseleksi kembali berdasarkan karakter hasil. Selanjutnya dapat dilakukan observasi lebih lanjut pada penelitian selanjutnya.

Karakter hasil merupakan karakter utama yang selalu menjadi perhatian

petani. Sebagaimanapun suatu varietas memiliki keunggulan seperti ketahanan hama penyakit, senyawa fungsional, maupun nutrisi tinggi, petani akan selalu mempertimbangkan keunggulan karakter hasil (Ruskandar *et al.*, 2014; Hatija & Sulistyaningsih, 2016). Sebanyak 10 varietas cek digunakan pada penelitian ini dan menunjukkan bahwa varietas Pulut timuru adalah cek dengan kandungan Zn tertinggi dibandingkan 9 cek lainnya.

Tabel 1. Hasil uji lanjut Duncan sifat kandungan Zn (mg kg⁻¹) dan gabah kering giling per rumpun (GKGR) (g) berdasarkan warna dan perbandingannya dengan varietas cek.

No	Jenis BPK	Jumlah galur	Zn rata-rata	GKGR rata-rata	GKGR min – max
1	Putih	832	32,88 b	28,93 ab	0,04 - 138,29
2	Merah	17	25,57 c	36,14 a	7,04 - 59,50
3	Hitam A	19	38,79 a	18,66 c	8,35 - 31,06
4	Hitam B	26	37,13 a	23,48 bc	3,72 - 53,10
5	Hitam C	35	38,90 a	21,38 bc	7,39 - 30,99
6	Hitam D	19	39,87 a	18,10 c	16,50 - 30,29
7	Hitam E	5	37,11 a	20,39 bc	14,53 - 59,54
8	Hitam F	22	33,71 b	30,21 ab	12,4 - 88,59

Cek	Varietas	Kategori warna	Zn rata-rata	GKGR rata-rata
Cek 1	Inpari IR Nutri Zinc	Putih	31,54	36,75
Cek 2	Pulut timuru	Hitam B	43,03	16,68
Cek 3	Mawo	Putih	38,27	9,69
Cek 4	B13884MR- 29-1-1	Putih	33,68	42,48
Cek 5	Inpago13	Putih	29,60	33,44
Cek 6	Tarabas	Putih	26,77	30,62
Cek 7	UG1	Putih	26,05	20,08
Cek 8	UG2	Putih	27,25	16,73
Cek 9	Inpari 42 GSR	Putih	23,00	45,91
Cek 10	Inpari 46 TDH GSR	Putih	22,32	42,23

Keterangan: angka yang diikuti huruf berbeda dalam satu kolom menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Duncan. BPK = Beras Pecah Kulit.

Pulut timuru adalah padi lokal hitam koleksi BBPSI Padi dengan karakter khusus beras berwarna hitam dan bertekstur pulen. Kandungan Zn mencapai 43,03 g per rumpun pada penelitian ini. Varietas cek tertinggi kedua adalah Mawo (38,27 mg kg⁻¹). Mawo adalah varietas padi lokal yang

berasal dari wilayah Nusa Tenggara dengan warna beras putih dan bentuk bulat. Pulut timuru dan mawo adalah varietas dengan Zn tinggi namun potensi hasilnya rendah yakni masing-masing 16,68 gr per rumpun dan 9,69 g per rumpun. Cek dengan Zn tinggi dan potensi hasil tinggi dimiliki oleh

genotip B13884MR-29-1-1 ($Zn = 33,68 \text{ mg kg}^{-1}$; GKGR = 42,48 g per rumpun). Berdasarkan hal tersebut genotip kategori beras putih dengan Zn tinggi belum tentu memiliki potensi hasil yang rendah seperti Mawo, tapi ada pula genotip beras putih memiliki Zn tinggi dengan hasil tinggi seperti B13884MR-29-1-1, Inpago 13 Fortiz, dan Inpari Nutri Zinc.

Hasil menunjukkan bahwa karakter berat gabah isi menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan warna beras pecah kulit. Nilai rata-rata potensi hasil per rumpun genotip-genotip beras merah, putih dan Hitam F adalah setara satu dengan lain dengan masing-masing nilai diantaranya 36,14 g per rumpun, 28,93 g per rumpun, dan 30,2 g per rumpun. Kelas warna genotip-genotip yang memiliki potensi kandungan *zinc* lebih tinggi dari varietas biofortifikasi yang sudah berkembang seperti Inpari IR Nutri Zinc, genotip-genotip kelas warna Hitam F adalah yang memiliki nilai rata-rata potensi hasil yang tinggi pula. Namun demikian, kelas warna putih memiliki rentang potensi hasil yang lebar serta memiliki potensi hasil maksimal paling tinggi (0,04 - 138,29 g per rumpun) dibandingkan kelas warna lainnya (Tabel 1). Selain itu genotipe beras putih memiliki potensi Zn tinggi yakni $55,82 \text{ mg kg}^{-1}$. Dengan demikian perakitan varietas padi potensi hasil dan *zinc* tinggi sangat memungkinkan diperoleh.

Jumlah galur warna beras putih lebih banyak (832 galur) dibandingkan warna lainnya. Oleh karena itu perlu kajian lebih lanjut tentang rentang karakter berat gabah isi per rumpun pada kelas warna lainnya dengan jumlah galur yang sama.

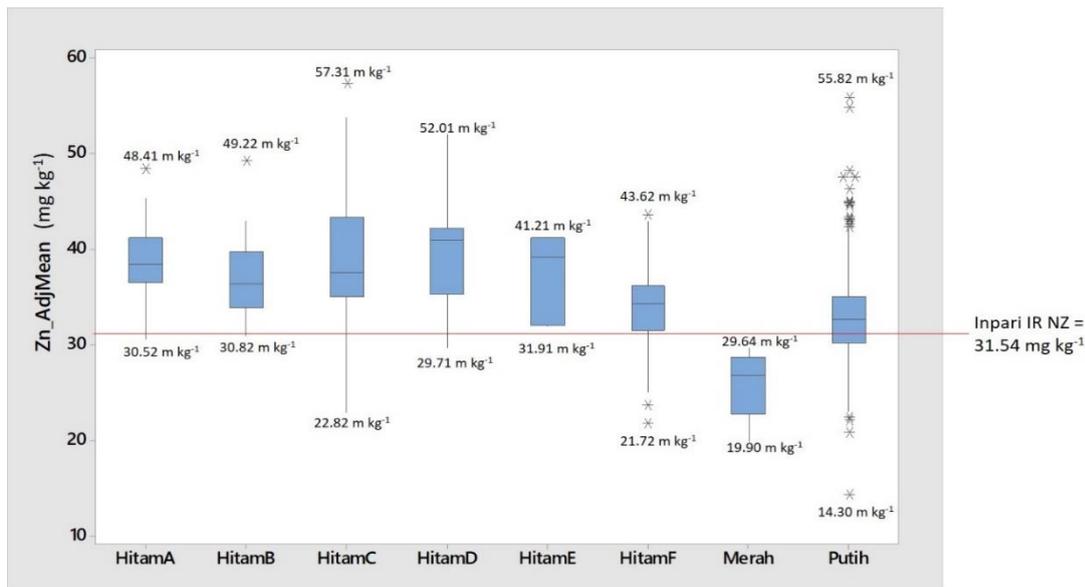
Boxplot sebaran kandungan *zinc* berdasarkan warna beras pecah kulit

Potensi kandungan *zinc* berdasarkan warna menunjukkan variasinya yang berbeda. Genotip-genotip berwarna beras putih memiliki sebaran potensi paling luas. Warna beras putih memiliki potensi kandungan *zinc* terendah dibandingkan beras berwarna. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Jaksomsak *et al*, (2021) yang menunjukkan bahwa terdapat korelasi nyata dan positif antara kandungan antosianin (yang banyak terdapat pada padi hitam) dengan kandungan Zn biji. *Zinc* terendah pada genotip beras putih adalah $13,40 \text{ mg kg}^{-1}$ dan *zinc* tertinggi adalah $55,82 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabel 2). Genotip-genotip yang memiliki warnaberas Hitam C (Warna No 5) adalah kelas warna yang jangkauan sebarannya luas dan sebagian besar genotip berada lebih tinggi dibandingkan Inpari IR Nutri *Zinc* ($31,54 \text{ mg kg}^{-1}$). Hal ini menunjukkan bahwa keragaman kandungan *zinc* pada kelas genotip berwarna Hitam C lebih tinggi dibandingkan kelas hitam lainnya. Selain itu peluang diperoleh genotip berkandungan *zinc* tinggi lebih besar untuk kelas Hitam C. *Zinc* terendah pada genotip Hitam C adalah $22,82 \text{ mg kg}^{-1}$ dan tertinggi dapat mencapai $57,31 \text{ mg kg}^{-1}$. Namun kekurangan pada genotip tipe Hitam C adalah potensi hasil maksimum yang cukup rendah yaitu 30,99 g per rumpun.

Genotip beras merah pada penelitian ini adalah hasil persilangan genotipe beras putih Zn rendah (Inpari 42 GSR) dengan genotipe beras hitam Zn tinggi (Pulut timur). Genotipe beras merah yang dihasilkan memiliki rentang yang sempit dan nilainya lebih rendah dibandingkan Cek pembanding VUB Zn tinggi (Gambar 1). Perlu kajian lebih lanjut untuk memastikan

peluang perakitan varietas beras merah ber kandungan Zn tinggi. Keturunan biparental hasil persilangan Inpari IR Nutri Zinc yang merupakan beras putih *zinc* tinggi dengan varietas populer berwarna beras merah. Perakitan varietas beras merah bernutrisi *zinc* tinggi diduga akan lebih efektif dengan menggunakan pendekatan *New Plant Breeding Technique* (NPBT) jika terbukti warna merah terpaut dengan sifat *zinc* rendah, yakni dengan memindahkan gen *zinc* tinggi dari beras hitam atau putih ke genom beras merah. NPBT dapat membantu perakitan varietas

unggul baru dengan tiga jenis tanaman/varietas unggul. Pertama, tanaman yang mengandung fragmen DNA baru (biasanya gen baru). Kedua, tanaman unggul yang tidak mengandung fragmen DNA baru atau modifikasi DNA mereka. Ketiga, tumbuhan yang tidak mengandung fragmen DNA baru, tetapi mengalami mutasi atau modifikasi pada DNA-nya. Beberapa Teknik NPBT diantaranya: CRISPR/Cas9, CRISPR/Cpf1 system, Base editing, dan Prime editing (Hernández-Soto *et al.*, 2021).



Gambar 1. Boxplot sebaran potensi zinc biji padi berdasarkan warna beras pecah kulit. Catatan: Hitam A sebanyak 19 galur, Hitam B sebanyak 26 galur, Hitam C sebanyak 35 galur, Hitam D sebanyak 19 galur, Hitam E sebanyak 5 galur, Hitam F sebanyak 22 galur, Merah sebanyak 17 galur, dan putih sebanyak 832 galur.

Informasi lebih lanjut, menunjukkan bahwa kandungan *zinc* sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan musim. Inpari IR Nutri Zinc memiliki potensi kandungan *zinc* sebesar 34,5 mg kg⁻¹ pada deskripsi varietas. Pada hasil penelitian ini potensi yang muncul sebesar 31,54 mg kg⁻¹ (Tabel 1). Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa pengaruh GxE nyata terhadap

kandungan *zinc* biji pada padi (Inabangan-Asilo *et al.*, 2019; Woods *et al.*, 2020).

Kisaran terbesar ke-2 setelah genotip-genotip berwarna putih adalah genotip-genotip beras Hitam C diikuti Hitam D. Hasil ini sama dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan. Dilaporkan bahwa kisaran kandungan *zinc* pada beras hitam lebih sempit dibandingkan beras putih. Program

pemuliaan untuk memperoleh gabah Zn tinggi pada beras hitam memiliki peluang tinggi yang sama seperti yang telah berhasil dikembangkan diantara varietas padi tidak berwarna (Utasee *et al.*, 2022). Pada hasil penelitian Fongfon *et al.* (2021) menunjukkan tidak adakorelasi yang nyata antara kandungan antosianin dengan *zinc*. Namun berbeda dengan hasil penelitian Jaksomsak *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa terdapat korelasi nyata dan positif antara antosianin dan Zn biji.

Beberapa penelitian menunjukkan kualitas nutrisi pada padi yang dibudidayakan aerobik lebih rendah daripada padi sawah di antara varietas dengan kadar antosianin lebih tinggi ($>40 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), Zn ($>30 \text{ mg kg}^{-1}$) dan Fe ($>15 \text{ mg kg}^{-1}$) (Jaksomsak *et al.*, 2021). Kondisi lahan basah terbukti lebih menguntungkan daripada kultur aerobik untuk pigmentasi intens dalam produksi beras ungu, serta konsentrasi Zn dan Fe yang lebih tinggi (Jaksomsak *et al.*, 2021). Beras hitam memiliki berbagai kualitas nutrisi dalam biji-bijian seperti K, Fe, Zn, Cu, Mg, Mn dan P (Ito & Lacerda, 2019). Hasil penelitian terhadap plasma nutfah beberapa negara menunjukkan bahwa beras hitam memiliki variasi genetik yang luas untuk karakter antosianin (Pereira-Caro *et al.*, 2013).

Varietas yang berpotensi berkembang luas di Indonesia adalah varietas dengan karakter warna beras putih. Hal itu dikarenakan masyarakat Indonesia lebih familiar dengan nasi putih dibandingkan nasi hitam ataupun nasi merah. Hal tersebut terlihat pada data sebaran varietas unggul baru (VUB) yang berkembang di Indonesia dimana VUB seperti Ciherang yang merupakan varietas beras putih menduduki 3 peringkat teratas dari peta sebaran varietas padi nasional (Syahri & Somantri, 2016).

Merujuk pada hasil penelitian ini, maka

genotip beras putih dengan kandungan *zinc* tinggi dapat diperoleh dengan peluang cukup besar. Potensi *zinc* genotip beras putih mencapai $55,82 \text{ mg kg}^{-1}$ dan potensi hasilnya mencapai $138,29 \text{ g}$ per rumpun (Tabel 1). Oleh sebab itu, sangat memungkinkan beras ini memiliki peluang menggantikan varietas populer di Indonesia yang mayoritas beras putih seperti Ciherang, Inpari 32, Mekongga dan lainnya dengan varietas biofortifikasi *zinc* tinggi dan berwarna beras putih. Hasil ini bisa dikatakan cukup bagus dalam proses perakitan varietas biofortifikasi di Indonesia. Uji lebih lanjut pada galur-galur potensial ini diperlukan untuk melihat fiksasi kandungan *zinc* dan stabilitas potensi hasil.

Minat mengonsumsi pangan fungsional seperti beras-beras berpigmen semakin meningkat. Beras berpigmen memiliki segmen pasar tersendiri dan memiliki nilai ekonomi tinggi sehingga bagus bagi penjual. Oleh sebab itu pengembangan varietas padi hitam bernutrisi *zinc* tinggi akan menambah variasi pilihan yang menarik bagi konsumen. Tipe beras hitam dengan kandungan *zinc* tinggi namun tetap memiliki potensi hasil tinggi terdapat pada genotip padi dengan karakter warna beras Hitam B dan Hitam E. Kelompok genotip beras hitam B memiliki potensi *zinc* rata-rata $37,13 \text{ mg kg}^{-1}$, potensi *zinc* maksimal $49,22 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabel 2), serta potensi hasil maksimal dapat mencapai $53,10 \text{ g}$ per rumpun (Tabel 1). Genotip- genotip padi Hitam E memiliki potensi *zinc* rata-rata $37,11 \text{ mg kg}^{-1}$, potensi *zinc* maksimal $41,21 \text{ mg kg}^{-1}$, dan potensi hasil maksimal $59,54 \text{ g}$ per rumpun.

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa galur-galur berwarna hitam tersebut potensial untuk menjadi alternatif pilihan selain varietas unggul baru biofortifikasi Zn tinggi yang sudah berkembang saat ini dan

bahkan lebih baik dari segi kandungan nutrisinya. Seperti halnya di India, varietas biofortifikasi dengan Zn tinggi adalah Kalanamak dengan potensi kandungan Zn 34,00 mg kg⁻¹ (Meher *et al*, 2020). Varietas unggul baru biofortifikasi di Indonesia adalah Inpari IR Nutri Zinc dengan kandungan Zn 34,5 mg kg⁻¹ (BBPadi, 2021).

Dengan demikian, penelitian ini merekomendasikan pemuliaan padi berpigmen dengan *zinc* tinggi dan tetap memiliki potensi hasil tinggi dapat dicapai jika dilakukan terhadap target tipe beras hitam warna Hitam B dan E. Genotip- genotip Hitam F memiliki potensi hasil maksimum tertinggi ke-2 setelah tipe beras putih. Namun jenis tipe ini tidak direkomendasikan untuk dirakit karena variasi warna dalam 1 rumpun. Hal tersebut berkaitan dengan proses pengembangannya dikemudian hari. Produksi benihnya akan mengalami masalah karena adanya faktor epistatik pada warna campuran. Penelitian lebih lanjut pada tipe beras Hitam F yang merupakan warna campuran perlu dilakukan. Potensi jenis ini mungkin dapat digunakan untuk jenis padi eksotik.

SIMPULAN

1. Terdapat perbedaan nyata kandungan Zn berdasarkan warna beras pecah kulit.
2. Beras putih memiliki rentang kandungan Zn yang paling luas dibandingkan beras merah dan hitam.
3. Potensi *zinc* maksimum terdapat pada beras putih yakni mencapai 55,82 mg kg⁻¹ dan potensi maksimum hasil 138,29 g perumpun
4. Genotip semua kategori tipe beras hitam memiliki rentang kandungan *zinc* di atas potensi Inpari IR Nutri Zinc. Tipe

beras Hitam C adalah yang memiliki rentang karakter *zinc* paling luas. Tipe beras hitam yang memiliki peluang *zinc* sangat tinggi namun yang memiliki potensi hasil tinggi adalah tipe Hitam B dan Hitam E.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kementerian Pertanian melalui Badan Standarisasi Instrumen Pertanian (ex Balitbangtan Kementan) atas beasiswa program doktor dan fasilitasnya. Sebagian dari penelitian ini dibiayai oleh Program PDD. Kepada Sukarsa, Daud, dan Ma'rifatus Sholehah serta teman-teman teknisi yang telah membantu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi, M., Ajami, M., Abdollahi, Z., Kalantari, N., Houshiarrad, A., Fozouni, F., Fallahrokni, A., & Mazandarani, F.S. (2019). Zinc supplementation is an effective and feasible strategy to prevent growth retardation in 6 to 24-month children: A pragmatic double-blind, randomized trial. *Heliyon*. 5(11):1–7.
doi:10.1016/j.heliyon.2019.e02581.
- BBPadi. (2021). *Deskripsi Deskripsi Varietas*. Sastro Y, Hairmansis A, Hasmi I, Rumanti IA, Susanti Z, Kusbiantoro B, Handoko DD, Sitaresmi T, Norvyani M, Arismiati D, editor. Subang: BB Padi Media.
- Dewi, R.C. & Hayati, M. (2021). Perilaku konsumen dalam keputusan pembelian beras merah organik. *Agriscience*. 2(2):295–313.
doi:10.21107/agriscience.v2i2.11412.
- Faiz A., Hanafi, M.M., Hakim, M.A., Rafii, M.Y., & Abdullah, S.N.A. (2015). Micronutrients, antioxidant activity,

- and tocopherol contents of selected pigmented upland rice genotypes. *Int J Agric Biol.* 17(4):741–747. doi:10.17957/IJAB/14.0013.
- Fongfon, S., Prom-U-thai, C., Pusadee, T., & Jamjod, S. (2021). Responses of purple rice genotypes to nitrogen and zinc fertilizer application on grain yield, nitrogen, zinc, and anthocyanin concentration. *Plants.* 10(8):1–13. doi:10.3390/plants10081717.
- Hatija, S. & Sulistyarningsih. (2016). Preferensi petani terhadap varietas benih padi (Studi kasus Desa Talkandang Kecamatan Situbondo Kabupaten Situbondo). *J Ilm Agribios.* 14(2):12–22.
- Hernández-Soto, A., Echeverría-Beirute, F., Abdelnour-Esquivel, A., Valdez-Melara, M., Boch, J., & Gatica-Arias, A. (2021). Rice breeding in the new era: Comparison of useful agronomic traits. *Current Plant Biology,* 27(May). <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2021.10.0211>
- Inabangan-Asilo, M.A., Swamy B.P.M., Amparado, A.F., Descalsota-Empleo, G.I.L., Arocena, E.C., & Reinke, R. (2019). Stability and G × E analysis of zinc-biofortified rice genotypes evaluated in diverse environments. *Euphytica.* 215(3):1–17. doi:10.1007/s10681-019-2384-7.
- Ito, V.C. & Lacerda, L.G. (2019). Black rice (*Oryza sativa* L.): A review of its historical aspects, chemical composition, nutritional and functional properties, and applications and processing technologies. *Food Chem.* 301 April:1–13. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125304.
- Jaksomsak, P., Rerkasem, B., & Prom-U-Thai, C. (2021). Variation in nutritional quality of pigmented rice varieties under different water regimes. *Plant Prod Sci.* 24(2):244–255. doi:10.1080/1343943X.2020.1819164
- Meher, D., Samantara, K., Behera, A., & Mohapatra, S.R. (2020). Folk rice: Genetic storehouse for biofortification: A review. *Int J Chem Stud.* 8(2):1813–1816. doi:10.22271/chemi.2020.v8.i2ab.9025.
- Mustakim, Efendi, R., & Sofiany IR. (2021). Pola konsumsi pangan penduduk usia produktif pada masa pandemi Covid-19. *J Ilmu Kesehat Masy.* 17(1):1–12. doi:10.19184/ikesma.v0i0.27203.
- Pereira-Caro, G., Watanabe, S., Crozier, A., Fujimura, T., Yokota, T., & Ashihara, H. (2013). Phytochemical profile of a Japanese black-purple rice. *Food Chem.* 141(3):2821–2827. doi:10.1016/j.foodchem.2013.05.10.
- Praharaj, S., Skalicky, M., Maitra, S., Bhadra, P., Shankar, T., Brestic, M., Hejnak, V., Vachova, P., & Hossain, A. (2021). Zinc biofortification in food crops could alleviate the zinc malnutrition in human health. *Molecules.* 26(12):1–17. doi:10.3390/molecules26123509.
- Ravichanthiran, K., Ma, Z.F., Zhang, H., Cao, Y., Wang, C.W., Muhammad, S., Aglago, E.K., Zhang, Y., Jin, Y., & Pan, B. (2018). Phytochemical profile of brown rice and its nutrigenomic implications. *Antioxidants.* 7(6):1–16. doi:10.3390/antiox7060071.
- Read, S.A., Obeid, S., Ahlenstiel, C., Ahlenstiel, G. (2019). The role of zinc in antiviral immunity ScottARead. *Adv Nutr.* 10(4):696–710. doi:10.1093/advances/nmz013.
- Ruskandar, A., Pamungkas, M.A., Rustiati, T., Kadir, T.S. (2014). Adopsi sebaran varietas unggul dan inovasi pengelolaan tanaman terpadu padi sawah di Jawa Barat dan Jawa Tengah. Di dalam: *Prosiding Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi)*. hlm 1095–1107. <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/13077>.

- Saper, R.B. & Rash, R. (2009). Zinc: An essential micronutrient. *Am Fam Physician*. 79(9):768–772.
- Syahri & Somantri, R.U. (2016). Penggunaan varietas unggul tahan hama dan penyakit mendukung peningkatan produksi padi nasional. *J Penelit dan Pengemb Pertan*. 35(1):25. doi:10.21082/jp3.v35n1.2016.p25-36.
- Utasee, S., Jamjod, S., Lordkaew, S., & Prom-U-Thai, C. (2022). Improve anthocyanin and zinc concentration in purple rice by nitrogen and zinc fertilizer application. *Rice Sci*. 29(5):435–450. doi:10.1016/j.rsci.2022.07.004.
- Wessels, I., Rolles, B., & Rink, L. (2020). The potential impact of zinc supplementation on COVID-19 pathogenesis. *Front Immunol*. 11 July:1–11. doi:10.3389/fimmu.2020.01712.
- Widyawati, P.S., Suteja, A.M., Indarto, T., Suseno, P., Monika, P., Saputrajaya, W., & Liguori, C. (2014). Pengaruh Perbedaan Warna Pigmen Beras Organik Terhadap Aktivitas Antioksidan. *Agritech*. 34(4):399–406.
- Woods, B.J., Gallego-Castillo, S., Talsma, E.F., & Álvarez, D. (2020). The acceptance of zinc biofortified rice in Latin America: A consumer sensory study and grain quality characterization. *PLoS One*. 15 11 November:1–21. doi:10.1371/journal.pone.0242202.
- Xionsiyee, V., Rerkasem, B., Veeradittakit, J., Saenchai, C., Lordkaew, S., & Prom-u-thai, C.T. (2018). Variation in grain quality of upland rice from Luang Prabang Province, Lao PDR. *Rice Sci*. 25(2):94–102. doi:10.1016/j.rsci.2018.02.002.
- Zhao, M., Lin, Y., & Chen, H. (2020). Improving nutritional quality of rice for human health. *Theor Appl Genet*. 133(5):1397–1413. doi:10.1007/s00122-019-03530-x.