

PANGAN
Media Komunikasi dan Informasi

Vol. 31 No. 2 Agustus 2022

DAFTAR ISI

	Halaman
ARTIKEL	
A. Karakterisasi Kandungan Gizi, Sensori, dan Biaya Produksi Beras Fortifikasi (Fortivit) dan Beras Biofortifikasi (Inpari Nutri Zinc) <i>Characterization of Nutrient Contents, Sensories, and Production Cost of Fortified Rice (Fortivit) and Biofortified Rice (Inpari Nutri Zinc)</i> Sonya Mamoriska, Moch. Gelar Hidayat, Cynthia G. Magda, Astri Yuliarti, Eny Cahyaningsih, Eriel Mar, Sambudi, dan Rista Yulia K.P.	95 – 112
B. Prediksi Perubahan Lahan Sawah terhadap Persepsi Masyarakat melalui Pendekatan Sistem Informasi Geografis di Wilayah Perkotaan Pangkajene Provinsi Sulawesi Selatan <i>Prediction of Changes in Paddy Fields on Public Perceptions through Geographic Information System Approach in Pangkajene Urban Area South Sulawesi Province</i> Reza Asra, Nining Triany Thamrin, Muh. Faisal M, dan Aksal Mursalat	113 – 124
C. Efektivitas Pupuk Organik Cair Hasil Aktivasi Molekul dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Jagung <i>The Effectiveness of Liquid Organic Fertilizers from Molecular Activation in Increasing Corn's Growth and Yield</i> Sri Minarsih, Samijan, Agus Supriyo, Raden Heru Praptana, dan Komalawati	125 – 134
D. Karakteristik Jagung Bose Instan Hasil Pengolahan dengan Berbagai Metode Pemasakan <i>Characteristics of Instant Bose Corn Processed with Various Cooking Methods</i> Lista Eka Yulianti, Hidayatus Sholechah, Esti Widowati, Woro Setiaboma, Riyanti Ekafitri dan Nok Afifah	135 – 144
E. Ketahanan Genotipe Kedelai Calon Varietas Baru terhadap Hama Penggerek Polong <i>Etiella zinckenella</i> Berdasarkan Karakter Morfologi <i>Genotype Resistances of New Varieties of Soybean Candidate to Soybean Pod Borer <i>Etiella zinckenella</i> based on Morphological Characters</i> Surianto Sipi, Bambang Tri Rahardjo, dan Gatot Mudjiono	145 – 154
F. Peramalan Luas Tanam dan Strategi Pengembangan Bawang Merah di Kabupaten Wonogiri <i>Forecasting Planting Area and Development Strategy for Shallot Farming in Wonogiri Regency</i> Bot Pranadi, Darsono, dan Minar Ferichani	155 – 166
G. Potensi Rekayasa Genetik Bawang Putih terhadap Kandungan Senyawa Komponen Bioaktif Allicin dan Kajian Sifat Fungsionalnya <i>Genetic Engineering Potential of the Allicin Bioactive Compound Content in Garlic and the Study of Its Functional Properties</i> Erwin Fajar Hasrianda dan R. Haryo Bimo Setiarto	167 – 190

KATA PENGANTAR

Segala puji kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala kuasa dan kehendak-Nya, Jurnal PANGAN Vol. 31 No.2 Agustus 2022 ini dapat diterbitkan. Apresiasi dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya Redaksi sampaikan kepada para penulis yang telah berpartisipasi mengirimkan buah karyanya, juga kepada mitra bestari yaitu : Prof. Dr. Ir. Bambang Hariyanto, M.S., Ph.D., Prof. Dr. Ir. C. Hanny Wijaya, M.Agr., Prof. Dr. Ir. Made Astawan, M.S., Prof. Dr. Ir. Benny Joy, M.S., Prof. Dr. Ir. Tajuddin Bantacut, M.Sc., dan Dr. Ir. Lilik Tri Indriyati, M.Sc. yang telah meluangkan waktunya untuk menyunting artikel sesuai bidang keahliannya.

Pada edisi kedua tahun 2022 ini, Jurnal PANGAN kembali menyajikan enam artikel ilmiah (*research article*) dan satu artikel kajian (*review article*) terkait beberapa komoditas pangan seperti beras, jagung, kedelai, bawang merah, dan bawang putih.

Rangkaian artikel diawali oleh tulisan Sonya Mamoriska, Moch. Gelar Hidayat, Cynthia G. Magda, Astri Yuliarti, Eny Cahyaningsih, Eriel Mar, Sambudi, dan Rista Yulia K.P. mengenai **“Karakterisasi Kandungan Gizi, Sensori, dan Biaya Produksi Beras Fortifikasi (Fortivit) dan Beras Biofortifikasi (Inpari Nutri Zinc)”**. Artikel selanjutnya mengenai **“Prediksi Perubahan Lahan Sawah terhadap Persepsi Masyarakat melalui Pendekatan Sistem Informasi Geografis di Wilayah Perkotaan Pangkajene Provinsi Sulawesi Selatan”** yang ditulis oleh Reza Asra, Ning Triany Thamrin, Muh. Faisal M, dan Aksal Mursalat.

Dua artikel berikutnya, hadir mengulas komoditas jagung, masing-masing dengan judul **“Efektivitas Pupuk Organik Cair Hasil Aktivasi Molekul dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Jagung”** karya Sri Minarsih, Samijan, Agus Supriyo, Raden Heru Praptana, dan Komalawati”, serta **“Karakteristik Jagung Bose Instan Hasil Pengolahan dengan Berbagai Metode Pemasakan”** yang ditulis oleh Lista Eka Yulianti, Hidayatus Sholechah, Esti Widowati, Woro Setiaboma, Riyanti Ekafitri dan Nok Afifah.

Artikel karya Surianto Sipi, Bambang Tri Rahardjo, dan Gatot Mudjiono berada di urutan berikutnya dengan bahasan komoditas kedelai yaitu **“Ketahanan Genotipe Kedelai Calon Varietas Baru terhadap Hama Penggerek Polong *Etiella zinckenella* Berdasarkan Karakter Morfologi”** dan disusul oleh artikel terkait komoditas bawang merah, yaitu **“Peramalan Luas Tanam dan Strategi Pengembangan Bawang Merah di Kabupaten Wonogiri”**, dari Bot Pranadi, Darsono, dan Minar Ferichani.

Melengkapi rangkaian artikel edisi kali ini, satu artikel kajian menutup Jurnal PANGAN edisi kedua tahun 2022 dengan judul **Potensi Rekayasa Genetik Bawang Putih terhadap Kandungan Senyawa Komponen Bioaktif Allicin dan Kajian Sifat Fungsionalnya** yang ditulis oleh Erwin Fajar Hasrianda dan R. Haryo Bimo Setiarto.

Akhirnya, Redaksi berharap Jurnal PANGAN dapat menjadi media informasi dan edukasi mengenai pangan yang senantiasa memberikan nilai tambah bagi semua pemangku kepentingan. Atas dukungan Anda pula semoga Jurnal PANGAN dapat terus berkiprah menyajikan artikel-artikel ilmiah lainnya.

Selamat membaca.

Redaksi

Karakterisasi Kandungan Gizi, Sensori, dan Biaya Produksi Beras Fortifikasi (Fortivit) dan Beras Biofortifikasi (Inpari Nutri Zinc)

Characterization of Nutrient Contents, Sensories, and Production Cost of Fortified Rice (Fortivit) and Biofortified Rice (Inpari Nutri Zinc)

Sonya Mamoriska, Moch. Gelar Hidayat, Cynthia G. Magda, Astri Yuliarti, Eny Cahyaningsih, Eriel Mar, Sambudi, dan Rista Yulia K.P.

Pusat Perencanaan Strategis dan Manajemen Risiko Perum BULOG

BULOG Food Research Institute

Indonesia Food and Fertilizer Research Institute

Jl. Jenderal Gatot Subroto Kav. 49 Jakarta

E-mail: pusat.rps@bulog.co.id

Diterima: 18 Februari 2022

Revisi: 22 Juni 2021

Disetujui: 19 Juli 2022

ABSTRAK

Dalam mengatasi Anemia Gizi Besi (AGB) dan *stunting*, pemerintah Indonesia berupaya meningkatkan kandungan zat besi (Fe) dan zat seng (Zn) pada beras giling melalui fortifikasi dan biofortifikasi. Beras Fortivit merupakan salah satu beras fortifikasi yang diproduksi BULOG, sedangkan Inpari Nutri Zinc merupakan beras biofortifikasi hasil pemuliaan tanaman Kementerian Pertanian yang saat ini diproduksi oleh ID Food. Kajian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi beras biofortifikasi hasil panen dengan rekomendasi pemupukan dari riset sebelumnya dan membandingkan beras biofortifikasi dengan beras fortifikasi pada beberapa aspek, antara lain kandungan mikronutrien khususnya Zn, sensori, dan biaya produksi. Kandungan Zn beras Nutri Zinc terbesar terdapat di bagian lapisan kulit ari, sehingga proses pascapanen menyebabkan penurunan kadar Zn. Perbedaan rekomendasi pemupukan terhadap kandungan Zn pada beras pecah kulit tidak berbeda nyata. Kandungan makronutrien beras Fortivit maupun Nutri Zinc relatif sama dengan beras non fortifikasi/biofortifikasi. Proses pencucian dan penanakan menyebabkan penurunan kadar Zn sekitar 4 persen pada beras fortifikasi, sedangkan pada beras biofortifikasi relatif tidak terjadi penurunan. Meskipun terjadi penurunan Zn pada beras fortifikasi, namun secara keseluruhan, kandungan Zn tersebut masih jauh lebih tinggi dibandingkan dengan beras biofortifikasi. Berdasarkan hasil uji hedonik, nasi Fortivit paling disukai untuk semua atribut sensori. Pada nasi Nutri Zinc, responden paling menyukai beras dengan derajat sosoh 100 persen. Beras Fortivit mempunyai waktu riset yang lebih cepat dan prakiraan biaya riset yang lebih murah, sebaliknya prakiraan biaya produksi yang lebih tinggi dibanding beras Nutri Zinc. Namun harga jual beras Fortivit lebih murah dibanding beras Nutri Zinc di pasaran.

kata kunci: beras, fortifikasi, biofortifikasi, Zn

ABSTRACT

In overcoming Iron Deficiency Anemia and stunting, the Indonesian government seeks to increase the content of iron (Fe) and zinc (Zn) in milled rice through fortification and biofortification. Fortivit rice is rice fortification produced by BULOG. Inpari Nutri Zinc is biofortified rice grown from plant breeding by the Ministry of Agriculture, which currently produced by ID Food. This study aimed to characterize the harvested biofortified rice using fertilization as recommended by previous studies, compared with fortified rice in several aspects, including micronutrient contents, especially Zn, sensories, and production costs. The highest Zn content of Nutri Zinc was found in the aleuron, so the post-harvest process caused a decrease in Zn level. The differences in fertilization recommendations on the Zn content in brown rice were not significantly different. The macronutrient content of Fortivit and Nutri Zinc rice was relatively the same as non-fortified/biofortified rice. The washing and cooking process caused a decrease in Zn content of about 4 percent in fortified rice, while in biofortified rice there was relatively no decrease. Although there was a decrease in Zn in fortified rice, overall, the Zn content was still much higher than biofortified rice. Based on the results of the hedonic test, fortified rice (Fortivit) was the most preferred for all sensory attributes. In biofortified rice (Nutri Zinc), respondents preferred the rice with 100 percent milling grade the most. Fortivit rice had a faster research time and a lower estimated cost in research. On the contrary, it had a higher estimated cost in production than Nutri Zinc rice. Nonetheless, the selling price of Fortivit rice is lower than Nutri Zinc rice on the market.

keywords: rice, fortification, biofortification, Zn

I. PENDAHULUAN

Masalah kekurangan gizi (malnutrisi) merupakan salah satu masalah besar di berbagai negara, termasuk Indonesia. Berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018, prevalensi masalah kekurangan gizi sebesar 17,7 persen pada 2018 (Balitbangkes, 2019). Permasalahan malnutrisi tersebut di antaranya kekurangan zat gizi mikro seperti Anemia Gizi Besi (AGB) dan *stunting*.

Penelitian Simamora, dkk., (2018) menyatakan bahwa terdapat tiga penyebab yang melatarbelakangi kejadian anemia. Penyebab pertama adalah penyebab langsung, yaitu kekurangan kadar zat besi dalam darah dan infeksi penyakit. Kekurangan zat besi dalam tubuh disebabkan oleh kurangnya asupan makanan yang mengandung zat besi. Kecacingan dan malaria merupakan penyakit infeksi yang dapat meningkatkan risiko anemia. Penyebab kedua adalah penyebab tidak langsung, yaitu rendahnya perhatian keluarga, tingginya aktivitas, dan pola distribusi makanan dalam keluarga yang kurang tepat. Penyebab ketiga adalah penyebab mendasar yang terdiri dari rendahnya pendidikan, pendapatan, status sosial dan sulitnya lokasi geografis tempat tinggal.

Branca dan Ferrari (2002) menyebutkan salah satu penyebab tingginya prevalensi AGB di negara yang mengonsumsi beras sebagai makanan pokok adalah rendahnya kandungan zat besi (Fe) pada beras giling serta rendahnya kemampuan masyarakat mengonsumsi bahan

pangan kaya zat besi (Fe) dan mineral lain sebagai lauk pauk. *Stunting* disebabkan oleh asupan yang tidak memadai dari satu atau lebih zat gizi termasuk energi, protein, atau zat gizi mikro seperti zat besi, seng dan vitamin D, A atau C.

Dalam usaha mengatasi masalah kurang zat gizi mikro seperti Anemia Gizi Besi (AGB), pemerintah menerapkan tiga strategi yang saling melengkapi, yaitu: (i) edukasi penerapan hidup bersih dan sehat, serta kampanye gizi seimbang; (ii) intervensi spesifik dengan pemberian Tablet Tambah Darah (TTD) pada remaja putri dan ibu hamil; (iii) dan fortifikasi zat besi pada pangan pokok. Dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020–2024 disebutkan perlunya upaya meningkatkan SDM (sumber daya manusia) berkualitas dan berdaya saing melalui percepatan penurunan *stunting*. Selain itu, diperlukan penguatan ketahanan ekonomi melalui peningkatan ketersediaan, akses, dan kualitas konsumsi pangan melalui fortifikasi dan biofortifikasi pangan, khususnya fortifikasi dan biofortifikasi beras.

Beras merupakan komoditas pangan strategis karena menjadi makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia. Beras berasal dari butiran padi yang terdiri dari dua bagian, yaitu bagian kulit yang disebut sekam dan butiran beras yang dapat dimakan (*caryopsis*). Bagian sekam berkisar 18–28 persen dari padi (Juliano, 1972). *Caryopsis* atau beras pecah kulit terdiri dari 1–2 persen *pericarp*, 4–6 persen

Tabel 1. Kandungan Gizi Per 100 gram Beras

Kandungan Gizi	Satuan	Kadar
Energi	kkal	357
Karbohidrat Total	g	77,1
Lemak Total	g	1,7
Protein	g	8,4
Kadar Air	g	12
Kadar Abu	g	0,8
Serat Pangan	g	0,2
Vitamin A	mcg	0
Vitamin B1 (Tiamin)	mg	0,2
Vitamin B2 (Riboflavin)	mg	0,1
Vitamin B3 (Niasin)	mg	2,6
Vitamin B6 (Piridoksin)	mg	0,1
Vitamin B9 (Asam Folat)	mcg	4,1

Sumber : Nuryani (2013) dan nilaigizi.com

aleuron dan *testa*, 2–3 persen lembaga dan 89–94 persen *endosperm*. Lembaga tersusun dari 0,26 persen *epiblast*, 0,18 persen *coleorhiza*, 0,34 persen *plumule*, 0,18 persen *radicle*, dan 1,18–1,4 persen *scutellum*. Kandungan gizi pada beras per 100 gram disajikan pada Tabel 1. Kandungan mineral pada setiap bagian butiran padi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Mineral pada Butiran Padi

Mineral	Kandungan Mineral (mg/100 g bk)				
	Beras Pecah Kulit	Beras Giling	Dedak	Lembaga	Bekatul
Aluminium	-	0,073–0,723	5,4–36,9	-	-
Kalsium	6,5–40	4,6–38,5	25–131	51–275	9–91
Klor	20,3–27,5	16,3–37,2	51–97	152	-
Besi	0,7–5,4	0,2–2,7	13–53	11–49	10–28
Magnesium	38–140	17–70	860–1.230	600–1.230	570–760
Mangan	1,2–4,2	1–3,3	11–88	120–140	5–8
Fosfor	250–440	86–192	1.480–2.870	1.730–2.730	1.530–2.510
Kalium	120–340	14–120	1.320–2.270	380–2.150	930–1.800
Silikon	19–190	5–37	170–760	46–190	56–240
Natrium	3,1–17,6	2,2–8,5	18–29	16–24	6,5–21
Seng	1,5–2,2	0,3–2,1	5–16	10–30	4–6

Sumber : Juliano (1980), diolah.

Proses pengolahan padi menjadi beras terutama dalam penyosohan beras pecah kulit menjadi beras giling dapat menurunkan kandungan zat gizi sehingga kandungan tersebut menjadi kurang memadai dan berpotensi menimbulkan kekurangan gizi bagi yang mengonsumsinya. Indrasari, dkk. (2002) melaporkan proses penyosohan gabah menurunkan kandungan besi pada beras hingga 63 persen. Indrasari, dkk. (2008) menyebutkan penurunan zat seng (Zn) tidak sebanyak kandungan zat besi (Fe) pada saat penyosohan karena kandungan zat seng (Zn) diduga tersebar pada lapisan endosperma dan lapisan kulit ari/aleuron. Sedangkan, zat besi (Fe) lebih banyak berada pada lapisan kulit ari/aleuron beras.

Proses tanak juga dapat menurunkan kandungan zat besi (Fe) dan zat seng (Zn) pada

nasi karena adanya mineral yang larut pada saat proses pencucian beras dan hilang selama proses pemanasan. Tabel 3 menyajikan data perbandingan zat besi (Fe) dan zat seng (Zn) pada beras giling dan nasi beberapa varietas padi berdasarkan perhitungan berat basah pada beras.

Untuk mengatasi permasalahan kondisi kekurangan gizi akibat proses pengolahan pascapanen tersebut, maka dilakukan pengayaan gizi kembali melalui fortifikasi dan biofortifikasi. Fortifikasi merupakan proses penambahan mikronutrien yang penting ke dalam makanan (Allen, dkk., 2006). Sementara biofortifikasi merupakan proses peningkatan konsentrasi mikronutrien pada bagian tanaman yang dikonsumsi melalui teknik pemuliaan tanaman konvensional (biofortifikasi agronomi) dan rekayasa genetik (biofortifikasi genetik) (White dan Broadley, 2005).

Pada tahun 2014, Pemerintah dan Asian Development Bank (ADB) pernah bekerjasama mengembangkan *pilot project* Fortifikasi Beras Bagi Keluarga Miskin, yang dilaksanakan dengan dana Hibah Japan Fund for Poverty Reduction

Tabel 3. Kandungan Mineral Beras Giling dan Nasi Beberapa Varietas Padi

Mineral	Kandungan Mineral (mg/100g bb)				
	IR64	Ciherang	Cisadane	Sintanur	Pandanwangi
Fe	Beras Giling	0,42	0,32	4,65	0,36
	Nasi	0,40	0,31	3,85	0,34
Zn	Beras Giling	1,73	1,65	1,90	1,95
	Nasi	1,60	1,55	1,80	1,80

Sumber : Indrasari, dkk. (2008) diolah.

(JFPR) melalui ADB. Pada *pilot project* fortifikasi tersebut zat besi (Fe), seng (Zn), dan beberapa mikronutrien/zat gizi mikro lain ditambahkan ke dalam beras Raskin sebagai upaya untuk mengurangi dampak anemia bagi masyarakat berpendapatan rendah terutama bagi ibu hamil dan menyusui serta balita. Selanjutnya, sejak tahun 2019 program fortifikasi beras tersebut dikembangkan sendiri oleh Perum BULOG pada beras premium dan diberi merek "Fortivit". BULOG menggunakan campuran fortifikasi dengan jumlah dan kandungan mengacu kepada saran rekomendasi World Food Programme (2015) meliputi Vitamin A (1,95 mg/100 g), Vitamin B1 (0,65 mg/100 g), Vitamin B3 (9,1 mg/100 g), Vitamin B6 (0,78 mg/100 g), Vitamin B9 (189 mcg/100 g), Vitamin B12 (1,3 mcg/100 g), zat besi (4 mg/100 g), dan zat seng (6 mg/100 g atau setara dengan 60 ppm).

Pada biofortifikasi, varietas padi yang saat ini telah berhasil dikembangkan adalah IR Inpari Nutri Zinc. Varietas padi biofortifikasi ini memiliki pengayaan pada mikronutrien zat seng (Zn) dengan potensi kandungan mencapai 34,51 ppm (3,45 mg/100g) atau rata-rata sebesar 29,54 ppm (2,95 mg/100g). Benih padi IR Inpari Nutri Zinc dirilis pada tahun 2019 dengan SK Menteri Pertanian Nomor 168/HK.540/C/01/2019. Varietas padi ini merupakan hasil persilangan dari IR 91153-AC 82, IR05F102, IR 68144-2B-2-2-3-166, dan IRRI145 (BB Padi, 2019).

Beras fortifikasi dan beras biofortifikasi merupakan beras yang ditingkatkan mikronutrien gizinya, yang ditujukan untuk mengatasi permasalahan AGB dan prevalensi stunting di Indonesia. Tentunya, kedua beras tersebut mempunyai karakteristik kandungan gizi yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi beras biofortifikasi hasil rekomendasi pemupukan pada riset sebelumnya dan membandingkan beras biofortifikasi dengan beras fortifikasi pada beberapa aspek, antara lain: (i) mengidentifikasi pengaruh pemberian pupuk terhadap kandungan zat seng (Zn) pada beras biofortifikasi (Nutri Zinc); (ii) mengidentifikasi sebaran Zn yang terkandung pada bagian beras biofortifikasi; (iii) melakukan analisis proksimat kandungan gizi yang terdapat pada beras biofortifikasi (Nutri Zinc) khususnya derajat sosoh 95 persen dan 100 persen serta

membandingkannya dengan beras fortifikasi (Fortivit); (iv) menganalisis pengaruh proses pencucian beras dan pemasakan nasi terhadap penurunan kandungan mikronutrien gizi (Zn) pada beras biofortifikasi (Nutri Zinc) dengan derajat sosoh 95 persen dan 100 persen, serta membandingkannya dengan beras fortifikasi (Fortivit); (v) menguji preferensi konsumen melalui uji hedonik terhadap atribut sensori nasi yang dihasilkan dari beras biofortifikasi (Nutri Zinc), beras fortifikasi (Fortivit), dan beras pembanding nonbiofortifikasi/fortifikasi; (vi) membandingkan besaran biaya riset dan produksi dalam menghasilkan beras biofortifikasi (Nutri Zinc) dan beras fortifikasi (Fortivit).

II. METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada bulan November 2021–Januari 2022. Proses pengeringan gabah kering panen (GKP) menjadi Gabah Kering Giling (GKG) dan penggilingan GKG menjadi beras dilakukan di Balai Riset Tambun, Perum BULOG. Analisis kandungan mikronutrien dan proksimat beras dilakukan di Laboratorium eksternal yaitu Laboratorium PT Saraswanti Indo Genetech (SIG). Pengujian hedonik dilakukan di Perum BULOG. Beberapa analisis kandungan mikronutrien, dan proksimat beras fortifikasi (Fortivit) menggunakan data yang sudah ada, dari penelitian yang dilakukan sekitar tahun 2018–2020.

Pada penelitian ini digunakan gabah dan beras biofortifikasi Inpari Nutri Zinc dengan masa tanam bulan Juni–November 2021. Budidaya beras Nutri Zinc tersebut menggunakan tiga rekomendasi pupuk, yaitu:

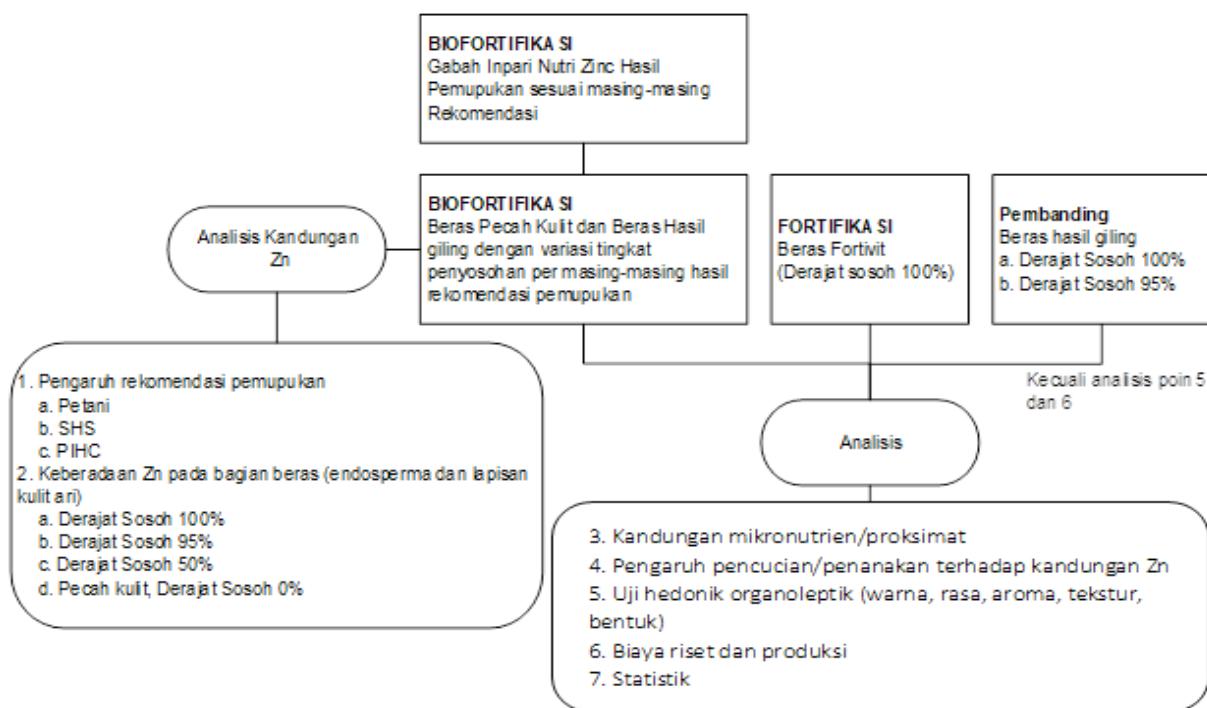
- P1: Nitrea 200 kg + NPK Phonska Plus 300 kg/ha + PD super terobos 3 liter/ha (rekomendasi petani).
- P2: Nitrea 250 kg + NPK Phonska Plus 200 kg/ha + Mutiara 100 kg/ha + PD Gandasil D 1 kg + Gandasil B 0,5 kg/ha (rekomendasi PT Sang Hyang Seri Persero).
- P3: Nitralite 200 kg + NPK Phonska Plus 300 kg/ha + PD Agrosolution N 1,6 kg + Agrosolution P 1,6 kg + Agrosolution K 1,6 kg/ha (rekomendasi Pupuk Indonesia Holding Company).

Selain itu juga digunakan beras fortifikasi

yang telah diproduksi oleh Perum BULOG, yaitu beras "Fortivit" dan gabah/beras nonbiofortifikasi/fortifikasi (varietas Inpari 32) yang digunakan sebagai beras pembanding.

2.1. Kerangka Pemikiran Penelitian

Gabah kering panen biofortifikasi Nutri Zinc yang dihasilkan dari masing-masing rekomendasi pemupukan digiling menjadi beras pecah kulit kemudian disosoh menjadi beras sosoh dengan berbagai tingkat penyosohan (DS 100, DS 95, dan DS 50 persen). Kerangka pemikiran penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian

2.2. Metode Analisis

2.2.1. Analisis Kandungan Gizi dan Mikronutrien Beras

Metode yang digunakan untuk menganalisis kandungan gizi dan mikronutrien beras mengacu pada metode analisis yang digunakan laboratorium eksternal (Saraswanti Indo Genetech).

2.2.2. Pencucian dan Penanakan Beras

Proses kegiatan pencucian beras dan penanakan beras/pemasakan nasi terdapat pada analisis pengaruh pencucian/penanakan terhadap kandungan Zn. Proses pencucian

beras dilakukan dengan merendam beras dalam air pada suatu wadah dan diaduk perlahan dalam waktu yang singkat. Air kemudian dibuang. Proses pencucian beras dilakukan sebanyak empat kali. Proses pemasakan nasi dilakukan dengan perbandingan antara beras dan air sebesar 2: 2,5. Untuk memasak beras sebanyak 267 mL atau 214 gram memerlukan air 334 mL. Pemasakan beras sebanyak 267 mL atau 214 gram akan menghasilkan nasi sebanyak 400 gram.

2.2.3. Uji Hedonik

Responden sejumlah 25 orang, merupakan karyawan BULOG yang sering melakukan uji hedonik nasi. Responden diminta untuk mencoba 7 jenis nasi (Beras Nutri Zinc hasil produksi dari rekomendasi pemupukan P1, P2, dan P3 masing-masing dengan derajat sosoh 95 persen dan 100 persen, serta beras Fortivit). Kemudian responden menilai atribut sensori nasi sampel yang meliputi warna, aroma, rasa, tekstur dan bentuk. Untuk menghindari bias dalam proses pencicipan nasi, responden diminta untuk mencoba nasi dan langsung mengisi kuesioner

penilaian atribut sensori nasi sampel. Kuesioner penilaian atribut sensori nasi berupa skala kesukaan konsumen terhadap atribut sensori nasi dengan nilai 1 sampai dengan 4 sebagai berikut: 1= Tidak Suka; 2= Kurang Suka; 3= Suka ; dan 4= Sangat Suka.

Khusus untuk atribut sensori warna dan tekstur nasi sampel, dilakukan penilaian tambahan mengenai skala tingkat warna putih nasi untuk atribut sensori warna dengan nilai 1 sampai dengan 4 sebagai berikut: 1= Kurang Putih; 2= Agak Putih; 3= Putih; dan 4= Sangat Putih. Untuk skala kekerasan (pera) dan kelunakan (pulen) nasi untuk atribut sensori tekstur digunakan nilai 1 sampai dengan 4 sebagai berikut: 1= Keras; 2= Agak Keras; 3= Lunak; dan 4= Sangat Lunak.

2.2.4. Analisis Statistik

Analisis statistik yang dilakukan yaitu uji normalitas data dengan Shapiro-Wilk. Bila data terdistribusi normal maka dilanjutkan dengan pengujian statistik dengan analisis ragam. Analisis ragam digunakan untuk mengetahui pengaruh metode pemupukan terhadap kandungan zat seng pada beras, serta untuk membandingkan kandungan zat seng (Zn) pada beras fortifikasi (Fortivit), biofortifikasi (Nutri Zinc) dan pembanding (Inpari 32). Bila terdapat perbedaan, maka dilanjutkan dengan Uji Tukey pada taraf uji 5 persen.

Untuk data yang tidak terdistribusi normal, seperti membandingkan kandungan proksimat beras dan membandingkan kesukaan/preferensi konsumen terhadap beras, dilakukan uji nonparametrik Kruskal Wallis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Pemberian Pupuk dan Sebaran Kandungan Zn pada Beras Biofortifikasi Nutri Zinc

Pada padi, zat besi (Fe) dan zat seng (Zn) merupakan senyawa yang penting bagi

pertumbuhan. Fe dan Zn pada padi berasal dari unsur hara tanah yang diserap akar melalui *xilem*, atau remobilisasi Fe dari daun yang menua melalui *floem*. Oleh *xilem* dan *floem*, Fe dan Zn tersebut disalurkan ke biji/bulir beras. Ketika sudah berada pada bulir beras, Fe disimpan pada lapisan *aleuron* (Diaz-Benito, dkk., 2018). Sedangkan Zn disimpan pada sekam, *aleuron*, dan lembaga (Ei, dkk., 2019). Indrasari, dkk. (2008) menyebutkan kandungan Zn pada beras giling varietas biasa (nonbiofortifikasi) berkisar 1,65–1,95 mg/100 g, sementara Welch (2002) menyebutkan 1,3 mg/100 g pada beras giling, dan 1,8 mg/100 g pada beras pecah kulit. Kandungan Fe pada beras menurut Welch (2002) sebesar 2 mg/100 g pada beras pecah kulit dan 0,5 mg/100 g pada beras giling.

Tiga rekomendasi pemupukan yang digunakan dalam penelitian ini, menghasilkan kandungan Zn pada beras biofortifikasi Nutri Zinc yang bervariatif. Beras pecah kulit merupakan beras yang telah dipisahkan dari kulit sekamnya, namun masih dilapisi oleh lapisan kulit ari. Kandungan zat seng (Zn) pada tingkat beras pecah kulit ini memiliki potensi kandungan tertinggi yang dapat dikonsumsi oleh manusia, sehingga dalam membandingkan kandungan Zn dari berbagai varietas atau pengaruh dari berbagai pemupukan, beras pecah kulit dijadikan sebagai acuan utama. Hasil analisis kandungan Zn pada beras biofortifikasi Inpari Nutri Zinc dengan semua perlakuan pemupukan berkisar antara 3,80–4,75 mg/100 g (bb) atau 4,25–5,38 mg/100g (bk). Kandungan Zn pada beras biofortifikasi ini 33,65–57,89 persen lebih tinggi dibandingkan beras Inpari 32 sebagai pembanding dengan kandungan Zn sebesar 2,82 mg/100g (bb) atau 3,18 mg/100g (bk) (Tabel 4).

Untuk menentukan pengaruh metode pemupukan terhadap kandungan Zn pada beras, terutama pada beras pecah kulit (Tabel

Tabel 4. Pengaruh Metode Pemupukan terhadap Kandungan Zat Seng (Zn)

Beras	Kandungan Zat Seng (mg/100 g)				Inpari-32 (Pembanding)
	NZ-P1	NZ-P2	NZ-P3		
Pecah Kulit	Berat basah	4,53 ± 0,13	3,80 ± 0,06	4,75 ± 0,03	2,82 ± 0,04
	Berat kering	5,12 ± 0,14	4,25 ± 0,06	5,38 ± 0,03	3,18 ± 0,04

5) dilakukan analisis statistik. Berdasarkan hasil analisis Kruskal Wallis, nilai $p=0,083$ ($p<0,05$), sehingga rata-rata pengaruh metode pemupukan terhadap kandungan zat seng pada beras pecah kulit Nutri Zinc dengan rekomendasi pemupukan P1, P2, dan P3 serta pada beras Inpari-32 pembanding tidak berbeda nyata.

Hasil analisis kandungan Zn pada beras biofortifikasi Inpari Nutri Zinc dengan semua perlakuan menunjukkan sebanyak 67 persen Zn terdapat di bagian lapisan kulit ari, sisanya (37 persen) berada pada bagian endosperma beras. Dengan proporsi kandungan Zn yang lebih banyak tersebar di lapisan kulit ari dibandingkan pada endosperma beras, maka penyosohan akan membuat kandungan Zn pada beras menurun. Semakin tinggi tingkat penyosohan, maka kandungan Zn pada beras menjadi semakin berkurang (Tabel 5).

Penurunan kandungan Zn untuk setiap sampel beras hasil rekomendasi pemupukan memiliki tingkat penurunan yang berbeda pada tingkat penyosohan yang sama. Ini menunjukkan bahwa rekomendasi pemupukan juga memberikan pengaruh pada kandungan

Zn di setiap lapisan kulit ari sampai bagian endosperma beras. Penurunan kandungan Zn yang begitu tajam dari beras pecah kulit ke beras derajat sosoh 50 persen pada sampel beras P3 (46 persen) menunjukkan bahwa sebaran kandungan Zn di sampel beras P3 lebih banyak tersebar di 50 persen lapisan kulit ari paling luar dibandingkan dengan sampel beras biofortifikasi hasil rekomendasi pemupukan lainnya. Penurunan kandungan Zn dari DS 50 persen ke 95 persen, paling tajam dialami oleh sampel beras biofortifikasi sesuai rekomendasi pemupukan P1 (38,93 persen), dapat diartikan bahwa sebaran kandungan Zn yang jauh lebih banyak pada lapisan kulit ari bagian tengah hingga hampir bagian paling dalam dibandingkan dengan sampel beras biofortifikasi lainnya.

Perlakuan penyosohan pada beras biofortifikasi dapat membuat kandungan Zn yang relatif sama atau bahkan lebih rendah dibandingkan beras biasa atau nonbiofortifikasi. Sehingga, upaya meningkatkan kandungan Zn pada beras biofortifikasi menjadi kurang optimal. Pada beras Inpari 32 yang dijadikan sampel pembanding, kandungan Zn pada beras

Tabel 5. Kandungan Zat Seng (Zn) pada Beras dengan Berbagai Derajat Sosoh

Beras	Kandungan Zat Seng									
	NZ-P1		NZ-P2		NZ-P3		Inpari-32 (Pembanding)			
	mg/100g	%	mg/100g	%	mg/100g	%	mg/100g	%	mg/100g	%
Pecah Kulit	Bb	4,53 ± 0,13	100	3,80 ± 0,06	100	4,75 ± 0,03	100	2,82 ± 0,04	100	
	Bk	5,12 ± 0,14 ^a	100	4,25 ± 0,06 ^e	100	5,38 ± 0,03 ^h	100	3,18 ± 0,04 ^k	100	
Beras DS 50%	Bb	3,39 ± 0,01	75	2,51 ± 0,01	66	2,57 ± 0,04	54	2,41 ± 0,01	85	
	Bk	3,83 ± 0,01 ^b	75	2,81 ± 0,02 ^f	66	2,90 ± 0,04 ⁱ	54	2,71 ± 0,02 ^l	85	
Beras DS 95%	Bb	2,07 ± 0,04	46	2,40 ± 0,04	63	2,49 ± 0,01	52	2,10 ± 0,01	74	
	Bk	2,34 ± 0,04 ^{bc}	46	2,68 ± 0,05 ^{fg}	63	2,82 ± 0,02 ^{ij}	52	2,35 ± 0,01 ^{lm}	74	
Beras DS 100%	Bb	1,86 ± 0,01	41	1,53 ± 0,02	40	1,41 ± 0,03	30	1,53 ± 0,01	54	
	Bk	2,10 ± 0,01 ^c	41	1,71 ± 0,02 ^g	40	1,60 ± 0,03 ^j	30	1,71 ± 0,01 ^m	54	

Keterangan:

- (i) Bb = berat basah; Bk = berat kering
- (ii) Nilai menunjukkan rata-rata dan standar deviasinya. Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p<0,05$)
- (iii) Analisis statistik hanya dilakukan pada perlakuan penyosohan dalam satu rekomendasi pemupukan yang sama, tidak membandingkan antar rekomendasi pemupukan

pecah kulit semula sebesar 2,82 mg/100g (bb) atau 3,18 mg/100g (bk), jauh lebih rendah dari kandungan Zn yang terdapat di semua sampel beras pecah kulit biofortifikasi. Namun demikian, ketika semua sampel beras disosoh sampai DS 95 persen, kandungan Zn pada sampel beras pembanding masih menyisakan kandungan Zn sebesar 2,10 mg/100g (bb) atau 2,35 mg/100g (bk) pada DS 95 persen, lebih tinggi dari kandungan Zn beras biofortifikasi DS 95 persen hasil rekomendasi pemupukan P1 (2,07 mg/100g [bb] atau 2,34 mg/100g [bk]). Sedangkan apabila penyosohan dilakukan sampai DS mencapai 100 persen, kandungan Zn pada sampel beras pembanding sebesar 1,53 mg/100g (bb) atau 1,71 mg/100g (bk), sama dengan kandungan Zn beras biofortifikasi DS 100 persen hasil rekomendasi pemupukan P2, dan lebih besar dari kandungan Zn beras biofortifikasi DS 100 persen hasil rekomendasi pemupukan P3 (1,41 mg/100g [bb] atau 1,60 mg/100g [bk]).

3.2. Perbandingan Kandungan Mikronutrien dan Proksimat

Fortifikasi beras sebagaimana beras Fortivit, tidak hanya dapat mengembalikan dan menambah sejumlah mikronutrien yang telah hilang dalam proses penggilingan namun dapat juga menambahkan mikronutrien baru. Mikronutrien yang terdapat pada beras Fortivit terdiri dari 8 mikronutrien, berupa Vitamin B1, Vitamin B3, Vitamin B6, Vitamin B9, Zn dan Fe. Sebagai pangan yang mendapatkan perlakuan fortifikasi, kandungan vitamin dan mineral beras fortifikasi akan lebih tinggi dari beras giling biasa sebagaimana yang terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Kandungan Vitamin dan Mineral pada Beras Giling Biasa dan Beras Fortifikasi (Fortivit)

Mikronutrien Gizi	Satuan	Beras Giling Biasa*	Beras Fortivit
Vitamin A	mcg/100 g (bb)	0	37,74 ± 0,02
Vitamin B1	mg/100 g (bb)	0,2	0,94 ± 0,00
Vitamin B3	mg/100 g (bb)	2,6	12,02 ± 0,08
Vitamin B6	mg/100 g (bb)	0,103	0,95 ± 0,00
Vitamin B9	mcg/100 g (bb)	4,1	231,94 ± 0,03
Vitamin B12	mcg/100 g (bb)	-	0,99 ± 0,00
Zat Besi (Fe)	mg/100 g (bb)	1,8	8,10 ± 0,03
Zat Seng (Zn)	mg/100 g (bb)	0,5	9,77 ± 0,01

*Sumber : Nuryani (2013) dan nilaigizi.com

Perbandingan mikronutrien yang terkandung dalam beras fortifikasi dan beras biofortifikasi, pada dasarnya bukan suatu hal yang setara untuk dibandingkan. Fortifikasi dapat menambahkan sejumlah mikronutrien yang diperlukan sesuai dengan kondisi dan target yang diharapkan, sementara biofortifikasi masih terbatas pada mikronutrien tertentu dengan kadar tertentu. Untuk itu, dalam membandingkan antara beras fortifikasi (Fortivit) dan biofortifikasi (Nutri Zinc) hanya difokuskan pada kandungan Zn.

Perbandingan kandungan Zn antara beras fortifikasi (Fortivit) dan beras biofortifikasi (Nutri Zinc) disajikan pada Tabel 7. Dibandingkan dengan beras fortifikasi (Fortivit) yang memiliki kandungan Zn sebesar 9,76 mg/100g (bb) atau 11,16 mg/100g (bk), kandungan Zn pada beras biofortifikasi untuk semua perlakuan masih jauh lebih rendah. Pada sampel beras dengan perlakuan P1, kandungan Zn berkisar antara 1,86 mg/100g (bb) atau 2,10 mg/100g (bk) pada beras sosoh 100 persen, dan 4,53 mg/100g (bb) atau 5,12 mg/100g (bk) pada beras pecah kulit, sampel beras P2 berkisar 1,53–3,80 mg/100g (bb) atau 1,71–4,25 mg/100g (bk), dan sampel beras P3 berkisar 1,41–4,75 mg/100g (bb) atau 1,60–5,38 mg/100g (bk). Sementara kandungan Zn pada beras nonbiofortifikasi/beras biasa berkisar 1,53–2,82 mg/100g (bb) atau 1,71–3,18 mg/100g (bk). Kandungan Zn pada beras Fortivit, dapat disebabkan oleh kandungan Zn bawaan pada beras yang menjadi campurannya, dan juga kandungan Zn dari *fortified rice kernels* (FRK) yang terdapat dalam beras Fortivit.

Berdasarkan hasil analisis ragam, nilai $p=0,000$ ($p<0,05$), sehingga perbandingan kandungan zat seng (Zn) pada beras fortifikasi

Tabel 7. Perbandingan Kandungan Zat Seng (Zn) pada Beras Fortifikasi (Fortivit), Biofortifikasi (Nutri Zinc) dan Pembanding (Inpari 32)

Sampel Beras		Kandungan Zn (mg/100g)	
Fortifikasi (Fortivit)	DS 100%	Bb	9,76 ± 0,01
		Bk	11,16 ± 0,01 ^a
Biofortifikasi Nutri Zinc Rekomendasi Pemupukan P1- Petani	DS 100%	Bb	1,86 ± 0,01
		Bk	2,10 ± 0,01 ^b
Biofortifikasi Nutri Zinc Rekomendasi Pemupukan P2- PT SHS	DS 95%	Bb	2,07 ± 0,04
		Bk	2,33 ± 0,04 ^b
Biofortifikasi Nutri Zinc Rekomendasi Pemupukan P3- PT PIHC	DS 50%	Bb	3,39 ± 0,01
		Bk	3,83 ± 0,01 ^b
Non Biofortifikasi/Fortifikasi (Inpari 32)	PK	Bb	4,53 ± 0,13
		Bk	5,12 ± 0,14 ^b
Biofortifikasi Nutri Zinc Rekomendasi Pemupukan P2- PT SHS	DS 100%	Bb	1,53 ± 0,02
		Bk	1,71 ± 0,02 ^b
Biofortifikasi Nutri Zinc Rekomendasi Pemupukan P3- PT PIHC	DS 95%	Bb	2,40 ± 0,04
		Bk	2,68 ± 0,05 ^b
Non Biofortifikasi/Fortifikasi (Inpari 32)	DS 50%	Bb	2,51 ± 0,01
		Bk	2,81 ± 0,02 ^b
Non Biofortifikasi/Fortifikasi (Inpari 32)	PK	Bb	3,80 ± 0,06
		Bk	4,25 ± 0,06 ^b
Non Biofortifikasi/Fortifikasi (Inpari 32)	DS 100%	Bb	1,41 ± 0,03
		Bk	1,60 ± 0,03 ^b
Non Biofortifikasi/Fortifikasi (Inpari 32)	DS 95%	Bb	2,49 ± 0,01
		Bk	2,82 ± 0,02 ^b
Non Biofortifikasi/Fortifikasi (Inpari 32)	DS 50%	Bb	2,57 ± 0,04
		Bk	2,90 ± 0,04 ^b
Non Biofortifikasi/Fortifikasi (Inpari 32)	PK	Bb	4,75 ± 0,03
		Bk	5,38 ± 0,03 ^b
Non Biofortifikasi/Fortifikasi (Inpari 32)	DS 100%	Bb	1,53 ± 0,01
		Bk	1,71 ± 0,01 ^b
Non Biofortifikasi/Fortifikasi (Inpari 32)	DS 95%	Bb	2,10 ± 0,01
		Bk	2,35 ± 0,01 ^b
Non Biofortifikasi/Fortifikasi (Inpari 32)	DS 50%	Bb	2,41 ± 0,01
		Bk	2,71 ± 0,02 ^b
Non Biofortifikasi/Fortifikasi (Inpari 32)	PK	Bb	2,82 ± 0,04
		Bk	3,18 ± 0,04 ^b

Keterangan:

(i) Bb = berat basah; Bk = berat kering

(ii) Nilai menunjukkan rata-rata dan standar deviasinya. Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p<0,05$)

(Fortivit), biofortifikasi (Nutri Zinc) dan pembanding (Inpari 32) berbeda nyata. Adanya beras Fortivit dengan kandungan Zn yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan

Zn pada beras Nutri Zinc dan pembanding membuat nilai kandungan Zn pada beras Nutri Zinc dan pembanding dengan berbagai derajat sosoh seolah-olah relatif sama (Tabel 7).

Berbeda dengan kandungan Zn yang jauh lebih tinggi pada beras Fortivit, kandungan proksimat (gizi) lain pada sebagian besar beras relatif sama. Nilai kandungan gizi beras Fortivit dan Nutri Zinc tersebut tidak berbeda jauh dengan beras giling biasa (Tabel 8). Berdasarkan hasil uji Kruskal Wallis, nilai $p=0,999$ ($p>0,05$) sehingga rata-rata kandungan proksimat beras Fortivit, Nutri Zinc, dan Inpari 32 tidak berbeda nyata.

3.3. Perbandingan Kandungan Mikronutrien serta Pengaruh Pencucian dan Penanakan terhadap Kandungan Mikronutrien Beras

Beras Fortivit merupakan beras fortifikasi yang diperoleh dari hasil pencampuran antara *fortified rice kernels* (FRK) dan beras hasil giling dengan derajat sosoh 100 persen melalui perbandingan 1:99. FRK yang digunakan diperoleh melalui metode ekstrusi panas, yang memungkinkan FRK lebih tahan terhadap kehilangan mikronutrien dari proses pencucian atau penanakan, dibandingkan metode *coating* atau *dusting* (Mannar dan Callego, 2002).

Proses pencucian dan penanakan menjadi nasi merupakan proses yang dilakukan konsumen akhir dalam mengonsumsi beras. Proses tersebut terdiri dari proses mencuci beras beberapa kali, kemudian dilanjutkan dengan proses memasak beras menjadi nasi. Akibat perlakuan tersebut, beberapa kandungan mikronutrien yang terkandung di dalam beras fortifikasi dapat hilang karena adanya vitamin/mineral yang larut pada saat proses pencucian beras atau selama proses pemanasan.

Tabel 9 menunjukkan pengaruh pencucian dan penanakan terhadap kandungan mikronutrien pada beras Fortivit. Data yang digunakan merupakan referensi dari penelitian oleh DSM (2018), selaku produsen fortifikasi yang digunakan pada beras Fortivit. Oleh karena itu, tidak dilakukan pengujian terhadap kandungan Fortivit pada penelitian ini, serta tidak dilakukan pengujian statistik.

Semua kandungan mikronutrien gizi yang ditambahkan pada beras Fortivit mengalami

penurunan baik pada saat proses pencucian beras, maupun pada saat penanakan menjadi nasi. Penurunan kandungan mikronutrien terbesar akibat pencucian umumnya terjadi pada vitamin dengan angka penurunan sekitar 19–23 persen. Juliano (1993) menyebutkan kegiatan pencucian beras sebelum dimasak diperkirakan menyebabkan penurunan 2–7 persen protein, 20–41 persen kalium, 22–59 persen vitamin B1 (tiamin), 11–26 persen vitamin B2 (riboflavin), dan 20–60 persen vitamin B3 (niacin).

Penurunan vitamin ini menjadi lebih besar lagi ketika proses pencucian dilanjutkan dengan penanakan menjadi nasi. Penelitian Sundari, dkk., (2021) menyatakan bahwa proses pemasakan bahan pangan dengan menggunakan panas menyebabkan penurunan kadar zat gizi bahan pangan tersebut dibandingkan bahan mentahnya. Tinggi atau rendahnya penurunan kandungan gizi suatu bahan pangan akibat pemasakan tergantung dari jenis bahan pangan, suhu yang digunakan dan lamanya proses pemasakan. Tercatat penurunan vitamin berkisar antara 20–36 persen, di mana vitamin A, vitamin B9, dan vitamin B1 merupakan vitamin yang banyak mengalami penurunan kandungan, berturut-turut sebesar 35,90 persen, 29,80 persen dan 28,17 persen. Vitamin B3 merupakan vitamin yang paling kecil penurunannya (20,04 persen), diikuti vitamin B6 (20,43 persen), dan vitamin B12 (23,08 persen).

Kandungan mineral berupa Fe dan Zn mengalami penurunan yang relatif lebih rendah setelah proses pencucian beras Fortivit, yaitu 4,35 persen untuk Fe dan 4,62 persen untuk Zn. Kandungan mineral relatif tidak mengalami perubahan setelah dilakukan penanakan menjadi nasi. Ini menunjukkan bahwa mineral memiliki karakteristik yang lebih stabil dari proses penanakan dibandingkan pencucian. Penurunan kandungan Fe pada beras Fortivit sebesar 4,35 persen setelah penanakan nasi dinilai masih lebih rendah dibandingkan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Indrasari dan Kristamtini (2018), yang menyebutkan bahwa proses tanak dapat menurunkan kandungan zat besi (Fe) pada nasi sebesar 13 persen.

Dibandingkan dengan beras fortifikasi (Fortivit), kandungan Zn pada beras biofortifikasi

Tabel 8. Analisis Proksimat Kandungan Gizi Beras

Beras	Komponen Gizi (dalam bk)						
	Energi Total (kkal/100 g)	Karbohidrat (%)	Kadar Air (%)	Lemak Total (%)	Energi dari Lemak (kkal/100 g)	Kadar Abu (%)	Protein (%)
Fortivit	402 ± 0,3	89,6 ± 0,0	12,5 ± 0,1	0,8 ± 0,0	7,4 ± 0,0	0,5 ± 0,0	9,1 ± 0,1
P11	403 ± 0,2	88,6 ± 0,0	11,6 ± 0,0	0,7 ± 0,0	12,8 ± 0,1	0,9 ± 0,0	9,1 ± 0,1
P12	402 ± 0,7	89,2 ± 0,2	11,6 ± 0,2	0,8 ± 0,0	10,2 ± 0,1	0,9 ± 0,0	8,8 ± 0,0
P21	400 ± 1,3	90,3 ± 0,0	10,6 ± 0,3	0,7 ± 0,0	6,3 ± 0,1	0,7 ± 0,0	8,3 ± 0,3
P22	400 ± 0,2	90,6 ± 0,2	10,7 ± 0,1	0,8 ± 0,0	6,9 ± 0,1	0,8 ± 0,0	7,9 ± 0,2
P31	401 ± 0,2	90,1 ± 0,3	11,7 ± 7,9	0,9 ± 0,0	8,7 ± 0,1	0,8 ± 0,0	8,1 ± 0,2
P32	402 ± 0,3	89,9 ± 0,0	11,8 ± 0,1	1,1 ± 0,0	9,8 ± 0,1	0,7 ± 0,0	8,3 ± 0,1
I11	399 ± 1,3	89,2 ± 0,3	10,7 ± 0,3	0,5 ± 0,0	4,2 ± 0,1	0,6 ± 0,0	9,7 ± 0,0
I12	404 ± 0,5	90,4 ± 0,2	11,4 ± 0,1	1,2 ± 0,0	10,5 ± 0,4	0,3 ± 0,0	8,1 ± 0,2

Keterangan: P11 = Sampel beras Perlakukan 1 dengan derajat sosoh 95 persen

P12 = Sampel beras Perlakukan 1 dengan derajat sosoh 100 persen

P21 = Sampel beras Perlakukan 2 dengan derajat sosoh 95 persen

P22 = Sampel beras Perlakukan 2 dengan derajat sosoh 100 persen

P31 = Sampel beras Perlakukan 3 dengan derajat sosoh 95 persen

P32 = Sampel beras Perlakukan 3 dengan derajat sosoh 100 persen

I11 = Sampel beras Inpari 32 dengan derajat sosoh 95 persen

I12 = Sampel beras Inpari 32 dengan derajat sosoh 100 persen

Tabel 9. Pengaruh Pencucian dan Penanakan terhadap Kandungan Mikronutrien Beras Fortivit

Mikronutrien	Persen Kehilangan (%)	
	Pencucian (Rendam dan Bilas)	Penanakan
Vitamin A	20,00	35,90
Vitamin B1	19,72	28,17
Vitamin B3	20,04	20,04
Vitamin B6	20,43	20,43
Vitamin B9	20,20	29,80
Vitamin B12	23,08	23,08
Besi	4,35	4,35
Seng	4,62	4,62

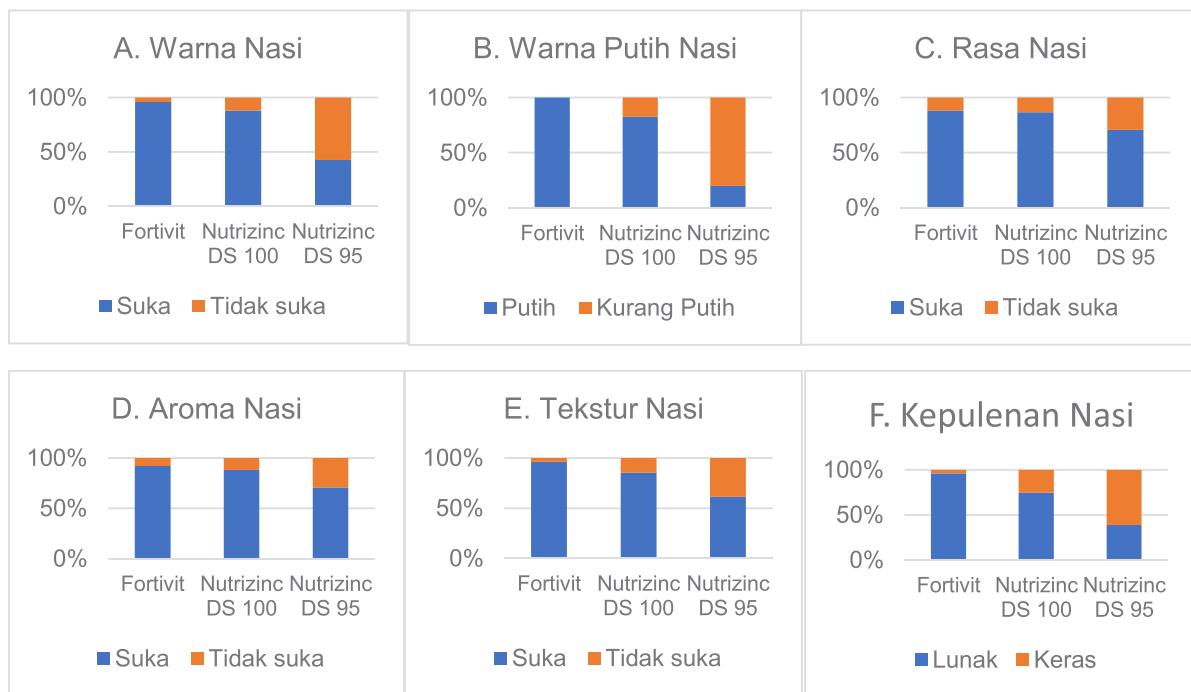
dengan derajat sosoh 100 persen relatif lebih tahan dari proses pencucian maupun penanakan. Tingkat kehilangan akibat pencucian dan penanakan relatif tidak ada (0 persen) pada seluruh beras biofortifikasi dengan derajat sosoh 100 persen. Walaupun penurunan Zn

pada beras fortifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan beras biofortifikasi dengan derajat sosoh 100 persen, namun kandungan Zn pada beras fortifikasi menunjukkan nilai yang masih lebih tinggi.

3.4. Preferensi Konsumen

3.4.1. Warna Nasi

Hasil uji hedonik preferensi konsumen terhadap kesukaan pada atribut sensori warna nasi menunjukkan bahwa warna nasi yang paling disukai responden adalah warna nasi Fortivit (Gambar 2) dengan persentase responden yang menyatakan tingkat kesukaan suka dan sangat suka sebesar 96 persen (skor 3,48), diikuti dengan nasi Nutri Zinc DS 100 dengan persentase tingkat kesukaan 88 persen (skor 3,21), dan selanjutnya nasi Nutri Zinc DS 95 dengan persentase tingkat kesukaan sebesar 42,7 persen (skor 2,36). Berdasarkan hasil uji statistik, kesukaan responden terhadap warna nasi Fortivit dan Nutri Zinc DS 100 tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata terhadap Nutri Zinc DS 95 (Tabel 10).



Gambar 2. Hasil Uji Hedonik; A. Warna Nasi, B. Warna Putih Nasi, C. Rasa Nasi, D. Aroma Nasi, E. Tekstur Nasi, F. Kepulenan Nasi.

Tingkat kesukaan warna nasi sebanding dengan penilaian derajat putih pada nasi tersebut. Makin putih nasi cenderung makin disukai. Pada suatu varietas yang sama, derajat sosoh akan sebanding dengan derajat putihnya, makin disosoh (DS makin tinggi), derajat putih beras tersebut akan naik sampai lapisan kulit ari yang ada pada beras tersebut habis terkelupas. Untuk penilaian responden terhadap warna putih (Gambar 2), nasi yang mempunyai warna yang paling putih menurut penilaian responden adalah nasi Fortivit dengan persentase 100 persen, diikuti nasi Nutri Zinc DS 100 (82,7 persen), dan nasi Nutri Zinc DS 95 (20 persen). Dilakukan pula pengujian statistik untuk membandingkan

persepsi warna putih dari nasi biofortifikasi (Nutri Zinc) DS 100, DS 95 dan Fortivit. Berdasarkan hasil uji Kruskal Wallis, nilai $p=0,000$ ($p<0,05$) sehingga persepsi warna putih terhadap warna dari nasi biofortifikasi (Nutri Zinc) DS 100, DS 95 dan Fortivit berbeda nyata.

Warna menjadi atribut sensori yang memengaruhi kesukaan responden terhadap jenis nasi. Makin disukai warna nasi, maka penilaian terhadap atribut sensori lain (rasa, aroma, tekstur, dan bentuk) akan mengikuti hasil penilaian pada warna tersebut. Hal tersebut sejalan dengan penelitian oleh Jeesan dan Seo (2020) yang menyatakan bahwa warna dapat memengaruhi aroma dan memodulasi persepsi

Tabel 10. Nilai Kesukaan Atribut Sensori terhadap Nasi dari Beras Fortivit, Nutri Zinc DS 100 dan Nutri Zinc DS 95

Nasi	Atribut Sensori Nasi				
	Warna	Rasa	Aroma	Tekstur	Bentuk
Fortivit	$3,48 \pm 0,59^a$	$3,24 \pm 0,78^a$	$3,24 \pm 0,60^a$	$3,52 \pm 0,59^a$	$3,28 \pm 0,54^a$
Nutri Zinc DS 100	$3,21 \pm 0,72^a$	$3,01 \pm 0,53^a$	$3,01 \pm 0,56^a$	$2,75 \pm 0,57^b$	$3,16 \pm 0,59^a$
Nutri Zinc DS 95	$2,36 \pm 0,61^b$	$2,77 \pm 0,61^b$	$2,69 \pm 0,54^b$	$2,33 \pm 0,56^c$	$2,61 \pm 0,54^b$

Keterangan : Nilai menunjukkan rata-rata dan standar deviasinya. Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p<0,05$)

dan penerimaan konsumen terhadap nasi. Selain itu, warna dapat memengaruhi kepekaan yang dirasakan terhadap kualitas rasa.

3.4.2. Rasa Nasi

Hasil uji hedonik preferensi konsumen terhadap rasa nasi pada Gambar 2 dan Tabel 10 menunjukkan bahwa rasa nasi yang paling disukai responden adalah rasa nasi Fortivit dengan persentase 88 persen (skor 3,24), diikuti nasi Nutri Zinc DS 100 dengan persentase 86,7 persen (skor 3,01), dan nasi Nutri Zinc DS 95 dengan persentase 70,7 persen (skor 2,77). Namun berdasarkan hasil uji statistik, kesukaan responden terhadap rasa nasi Fortivit dan Nutri Zinc DS 100 tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata terhadap Nutri Zinc DS 95 (Tabel 10).

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, rasa diasumsikan dipengaruhi oleh warna. Karena beras Nutri Zinc DS 100 memiliki warna yang dianggap lebih putih oleh responden, maka beras tersebut memiliki rasa yang juga lebih disukai oleh responden dibandingkan Nutri Zinc DS 95. Sedangkan nasi Fortivit memiliki warna yang paling disukai responden, sehingga memiliki rasa yang paling disukai responden.

3.4.3. Aroma Nasi

Hasil uji hedonik preferensi konsumen terhadap aroma nasi (Gambar 2 dan Tabel 10) menunjukkan bahwa aroma atau bau nasi yang paling disukai responden secara berturut-turut adalah nasi Fortivit dengan persentase 92 persen (skor 3,24), nasi Nutri Zinc DS 100 dengan persentase sebesar 88 persen (skor 3,01), dan nasi Nutri Zinc DS 95 dengan persentase 70,7 persen (skor 2,69). Namun berdasarkan hasil uji statistik, kesukaan responden terhadap aroma nasi Fortivit dan Nutri Zinc DS 100 tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata terhadap Nutri Zinc DS 95 (Tabel 10).

Aroma nasi Nutri Zinc DS 100 lebih disukai responden dibandingkan dengan nasi Nutri Zinc DS 95. Hal ini diperkirakan karena responden lebih menyukai rasa nasi Nutri Zinc DS 100. Sedangkan aroma nasi Fortivit merupakan aroma nasi yang paling disukai karena memiliki rasa yang paling disukai pula oleh responden.

Interaksi rasa dan aroma dapat terjadi, di mana rasa dapat meningkatkan intensitas aroma; sebaliknya, aroma juga dapat

meningkatkan intensitas rasa (Noble, 1996). Sedangkan rasa tersebut juga dipengaruhi oleh warna nasi (Jeesan dan Seo, 2020).

3.4.4. Tekstur Nasi

Nasi Fortivit mempunyai tekstur yang paling disukai dari semua nasi sampel dengan persentase tingkat kesukaan 96 persen (skor 3,52), diikuti nasi Nutri Zinc DS 100 dengan persentase 85,3 persen (skor 2,75), dan nasi Nutri Zinc DS 95 dengan persentase 61,3 persen atau dengan skor 2,33 (Gambar 2 dan Tabel 10). Berdasarkan hasil uji statistik, kesukaan responden terhadap tekstur nasi Fortivit, Nutri Zinc DS 100, dan Nutri Zinc DS 95 berbeda nyata. Tekstur nasi Fortivit paling disukai responden.

Untuk penilaian responden terhadap kepulenan, nasi Fortivit mempunyai kepulenan yang paling tinggi dengan persentase sebesar 96 persen, diikuti nasi Nutri Zinc DS 100 sebesar 74,7 persen, dan nasi Nutri Zinc DS 95 dengan persentase 38,7 persen (Gambar 2). Dilakukan juga pengujian statistik untuk membandingkan kepulenan dari nasi biofortifikasi (Nutri Zinc) DS 100, DS 95 dan Fortivit. Berdasarkan hasil uji Kruskal Wallis, nilai $p=0,000$ ($p<0,05$) sehingga kepulenan nasi biofortifikasi (Nutri Zinc) DS 100, DS 95 dan Fortivit berbeda nyata.

Atribut-atribut sensori diketahui saling berkaitan untuk membentuk rasa nasi. Persepsi rasa dan aroma dapat memengaruhi persepsi tekstur makanan, sebaliknya tekstur juga dapat memengaruhi persepsi rasa. Tekstur adalah manifestasi sensorik dan fungsional dari sifat struktural, mekanik, dan permukaan makanan (Tournier, dkk., 2007). Karena tekstur dapat dipengaruhi oleh rasa dan aroma, maka warna dan derajat sosoh juga secara tidak langsung dapat memengaruhi persepsi tekstur nasi. Oleh karena itu, nasi Fortivit dengan aroma yang paling disukai memiliki tekstur yang paling disukai serta dinilai mempunyai kepulenan yang paling tinggi oleh responden.

3.4.5. Bentuk Nasi

Nasi Fortivit mempunyai bentuk nasi yang paling disukai responden dengan nilai persentase 96 persen (skor 3,28). Bentuk nasi pada peringkat kedua yang disukai oleh responden adalah nasi Nutri Zinc DS 100 dengan nilai persentase 89,3 persen (skor 3,16). Sedangkan pada peringkat

ketiga adalah nasi Nutri Zinc DS 95 dengan persentase 61,3 persen atau dengan skor 2,61. (Gambar 2 dan Tabel 10). Namun berdasarkan hasil uji statistik, kesukaan responden terhadap bentuk nasi Fortivit dan Nutri Zinc DS 100 tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata terhadap Nutri Zinc DS 95 (Tabel 10).

Atribut sensori bentuk nasi juga diasumsikan dipengaruhi oleh warna dan derajat sosoh, di mana makin tinggi nilai derajat sosohnya, maka makin putih warna beras dan bentuk nasinya makin disukai oleh responden. Padahal seharusnya bentuk nasi Nutri Zinc DS 100 dan Nutri Zinc DS 95 tidak berbeda jauh karena berasal dari varietas yang sama, begitu pula kandungan butir patah dan menirnya. Satu-satunya yang membedakan kedua nasi tersebut hanya derajat sosoh yang memengaruhi warna beras. Sehingga, diasumsikan warna merupakan atribut sensori yang paling berperan. Karena nasi Fortivit merupakan nasi yang dianggap responden memiliki warna paling putih, maka bentuk nasi Fortivit paling disukai responden.

Berdasarkan hasil uji hedonik, diketahui bahwa nasi Fortivit merupakan nasi yang paling disukai untuk semua atribut sensori. Kualitas dari beras Fortivit atau beras fortifikasi pada umumnya akan bergantung pada beras pencampur yang digunakan. Makin baik beras pencampurnya, akan makin baik penerimaan oleh konsumen. Hal berbeda terdapat pada beras biofortifikasi. Pada beras biofortifikasi, preferensi dan kebutuhan akan mikronutrien/gizi adalah sesuatu yang menjadi pilihan. DS yang lebih rendah di bawah 100 persen dari sisi kandungan mikronutrien/gizi memiliki zat seng (Zn) yang lebih tinggi. Namun, dari preferensi konsumen, beras biofortifikasi dengan DS di bawah 100 persen kurang disukai oleh konsumen, karena memiliki penampakan warna kurang putih yang berpengaruh terhadap atribut sensori yang lain.

3.5. Biaya

3.5.1. Biaya Riset

Pada penelitian ini, biaya riset merupakan biaya yang digunakan untuk melakukan penelitian dalam jangka waktu tertentu untuk menghasilkan beras fortifikasi/biofortifikasi.

Riset untuk beras fortifikasi lebih kepada bagaimana membuat *fortified rice kernel* agar memiliki kandungan fortifikasi yang diharapkan, tidak mengubah warna dan cita rasa pada beras, tambahan kandungan mikronutrien dapat dimanfaatkan, stabil dalam penyimpanan, tidak menimbulkan efek negatif pada tubuh, dan pencampuran dengan beras putih memiliki campuran yang homogen. Ujicoba pembuatan FRK yang dilakukan oleh Perum BULOG bekerjasama dengan Balai Besar Teknologi Pati Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (B2TP-BPPT; sekarang BRIN) memerlukan waktu kurang dari satu tahun dengan biaya kurang dari 100 juta.

Sedangkan untuk biofortifikasi, riset yang dilakukan yaitu pemuliaan tanaman melalui rekayasa genetika atau proses penyilangan dengan memanfaatkan plasma nutfah yang memiliki karakter beragam untuk menghasilkan genotip atau varietas unggul baru dengan kombinasi karakter yang diharapkan. Waktu riset untuk menghasilkan benih padi tersebut relatif memerlukan waktu yang lebih panjang (*multiyears*) dengan biaya penelitian yang lebih besar (500 juta – 1 miliar per tahun).

3.5.2. Biaya Produksi

Untuk memproduksi beras biofortifikasi, pada dasarnya komponen dan besaran biaya akan relatif sama dengan komponen dan besaran biaya produksi beras biasa. Kebutuhan biaya produksi beras biofortifikasi relatif lebih kecil dibandingkan dengan beras fortifikasi (Fortivit) karena tidak memerlukan tambahan biaya lain selain biaya untuk budidaya padi dan biaya pengolahan gabah menjadi beras yang siap dipasarkan. Dalam pengolahan beras biofortifikasi, dengan pertimbangan untuk memperoleh kandungan Zn optimal dan telah masuknya beras biofortifikasi ke dalam beras khusus yakni beras kesehatan, maka ketentuan derajat sosoh beras biofortifikasi tidak harus mengikuti beras premium dengan DS 100 persen, yang berdampak pada rendemen giling akan cenderung lebih besar dan biaya produksi lebih rendah. Komponen utama biaya beras biofortifikasi setidaknya terdiri dari biaya pembelian/produksi beras dan biaya kemasan/pengemasan dengan proporsi masing-masing

secara berurutan adalah 93 persen dan 7 persen (Tabel 11).

beras biofortifikasi. Kandungan rata-rata Zn pada beras biofortifikasi Inpari Nutri Zinc dengan semua perlakuan, 67 persen terdapat di bagian

Tabel 11. Komponen Biaya Produksi Fortivit dan Nutri Zinc

Komponen	Beras Fortivit	Proporsi terhadap Biaya Produksi (%)	Beras Nutri Zinc	Proporsi terhadap Biaya Produksi (%)
Pembelian/produksi beras putih	85	Pembelian/Produksi Beras Nutri Zinc	93	
Pembelian dan distribusi <i>FRK</i>	7	Kemasan dan Pengemasan	7	
Pencampuran <i>FRK</i> dan beras putih	1	-	-	
Kemasan dan Pengemasan	7	-	-	

Keterangan: Asumsi kemasan vakum, beras diolah dengan DS 100 persen

Dibandingkan dengan beras biofortifikasi, beras fortifikasi memerlukan tambahan biaya produksi lain untuk pembelian/distribusi *FRK* dan pencampuran *FRK* dengan beras putih kualitas premium (rasio 1:99). Beras premium yang menjadi bahan pencampur dengan *FRK*, sebelum dicampur dengan *FRK*, masih termasuk ke dalam beras biasa, sehingga mengikuti kaidah standar beras premium di mana DS harus 100 persen dan perolehan rendemen untuk beras premium akan lebih rendah dibandingkan beras biofortifikasi, yang pada akhirnya akan meningkatkan biaya produksi beras fortifikasi.

Walaupun biaya produksi beras fortifikasi lebih tinggi, tidak berarti harga jual beras fortifikasi (Fortivit) lebih tinggi daripada beras biofortifikasi. Kedua beras tersebut baik fortifikasi maupun biofortifikasi tergolong ke dalam beras khusus sebagai beras untuk kesehatan, sehingga harga jualnya pun tidak terikat oleh ketentuan Harga Eceran Tertinggi sesuai Permendag No.57/M-DAG/PER/8/2017. Rentang harga jual beras Fortivit yang dijual BULOG berkisar Rp13.000,00–Rp17.000,00/kg, sedangkan rentang harga jual beras Nutri Zinc yang beredar di pasaran berkisar pada Rp15.000,00–Rp40.000,00/kg.

IV. KESIMPULAN

Beras biofortifikasi (Inpari Nutri Zinc) memiliki kandungan Zn 33,65–57,89 persen lebih tinggi dibandingkan beras biasa (varietas Inpari 32). Perbedaan rekomendasi pemupukan tidak memberi dampak terhadap kandungan Zn pada

lapisan kulit ari, 37 persen sisanya berada pada bagian endosperma beras. Adanya perlakuan penyosohan dapat menurunkan kadar Zn hingga sama atau bahkan lebih rendah dari beras nonbiofortifikasi (Inpari 32).

Kadar Zn pada beras fortifikasi (Fortivit) jauh lebih tinggi dari beras biofortifikasi (Nutri Zinc) pada semua rekomendasi pemupukan, sementara kandungan proksimat beras fortifikasi dan biofortifikasi sebagian besar relatif sama dengan beras non fortifikasi/biofortifikasi (Inpari 32).

Pada beras Fortivit, penurunan kandungan mikronutrien terbesar akibat pencucian terjadi pada vitamin A, vitamin B9, dan vitamin B1. Zat besi (Fe) dan zat seng (Zn) mengalami penurunan yang relatif lebih kecil setelah proses pencucian, dan relatif tidak mengalami perubahan setelah ditanak. Sedangkan kandungan Zn pada beras biofortifikasi (Nutri Zinc) DS 100 persen relatif lebih tahan dari proses pencucian dan penanakan (perubahan kandungan 0 persen). Walaupun demikian, kandungan Zn pada nasi fortifikasi menunjukkan nilai yang lebih tinggi.

Nasi Fortivit merupakan nasi yang paling disukai untuk semua atribut sensori. Kualitas beras Fortivit atau beras fortifikasi pada umumnya akan bergantung pada beras pencampur yang digunakan. Pada beras biofortifikasi, preferensi dan kebutuhan akan mikronutrien/gizi adalah sesuatu yang menjadi pilihan. DS yang lebih rendah di bawah 100 persen dari sisi kandungan mikronutrien/

gizi memiliki zat seng (Zn) yang lebih tinggi. Namun beras biofortifikasi kurang disukai oleh konsumen, karena memiliki penampakan kurang putih yang dapat memengaruhi atribut sensori lain.

Beras Fortivit mempunyai waktu riset yang lebih cepat dan prakiraan biaya riset yang lebih murah, sebaliknya prakiraan biaya produksi yang lebih tinggi dibanding beras Nutri Zinc. Kedua beras tersebut tergolong ke dalam beras khusus sebagai beras untuk kesehatan, sehingga harga jualnya tidak terikat oleh ketentuan Harga Eceran Tertinggi sesuai Permendag No.57/M-DAG/PER/8/2017. Rentang harga jual beras Fortivit yang dijual BULOG berkisar Rp13.000,00–Rp17.000,00/kg, sedangkan rentang harga jual beras Nutri Zinc yang beredar di pasaran berkisar pada Rp15.000,00–Rp40.000,00/kg.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan salah satu hasil kolaborasi BUMN Pangan dan Pupuk yang tergabung dalam wadah *Indonesia Food and Fertilizer Research Institute* (IFFRI). Terima kasih yang setinggi-tingginya disampaikan kepada ID Food dan PIHC atas pemberian sampel gabah biofortifikasi serta saran/masukan untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. 2019. Laporan Nasional Riskesdas 2018. Jakarta: Balitbangkes.
- BBPadi. 2019. Inpari IR Nutri Zinc. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. <https://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/varietas-padi/inbrida-padi-sawah-inpari/inpari-ir-nutri-zinc> [diakses 11 November 2021]
- Branca, F. dan M. Ferrari. 2002. Impact of Micronutrient Deficiencies on Growth: The Stunting Syndrome. *Ann Nutr Metab.* Vol. 46(1): 8–17.
- Díaz-Benito, P. B. Raviraj, R. Sara, C. Teresa, P. Rosario, C. Paul, A. Javier, F. Beatriz, dan A. Ana. 2018. Iron and Zinc in the Embryo and Endosperm of Rice (*Oryza sativa* L.) Seeds in Contrasting 2-Deoxymugineic Acid/Nicotianamine Scenarios. *Frontiers in Plant Science.* Vol. 9: 1190.
- DSM. 2018. Anticipated Process Losses of Vitamins and Minerals (Rinsing & Cooking) of Fortified Rice with Hot Extruded Kernels.
- Ei, H.H., T. Zheng, M.U. Farooq, R. Zeng, Y. Su, X. Huang, Y. Zhang, Y. Liang, Z. Tang, X. Ye, X. Jia, J. Zhu. 2019. Evaluation on Zinc and Selenium Nutrients in Polished Rice of Rice Genotypes under Zinc Biofortification. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research.* Vol. 21(5): 16205–16213.
- Indrasari, S.D., I. Hanarida, dan A.A. Daradjat. 2002. Indonesian Final Report Year I. 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).
- Indrasari, S. D. dan Kristamtini. 2018. Biofortifikasi Mineral Fe dan Zn pada Beras: Perbaikan Mutu Gizi Bahan Pangan Melalui Pemuliaan Tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian.* Vol. 37 (1): 9–16.
- Indrasari, S.D., P. Wibowo, dan A.A. Daradjat. 2008. Kandungan Mineral Beras Varietas Unggul Baru. *Prosiding Seminar Nasional BB Padi 2008.* Subang: BB Padi.
- Jeesan, S.A dan H.S Seo. 2020. Color-Induced Aroma Illusion: Color Cues Can Modulate Consumer Perception, Acceptance, and Emotional Responses toward Cooked Rice. *Foods.* Vol. 9(12): 1845.
- Juliano, B.O. 1993. Rice in Human Nutrition. *Dalam: Food and Nutrition Series No. 21.* FAO.
- Mannar, V. dan E.B Gallego. 2002. Iron Fortification Country Level Experiences and Lessons Learned. *The Journal of Nutrition.* Vol. 132: 856S–858S.
- Nilaigizi.com. 2018. *Beras Giling Mentah.* <https://nilaigizi.com/gizi/detailproduk/1/nilai-kandungan-gizi-beras-giling-mentah> [diakses pada 20 Januari 2022]
- Noble, A.C. 1996. Taste-Aroma Interactions. *Food Science & Technology.* Vol. 7(12): 439–444.
- Nuryani. 2013. Potensi Subtitusi Beras Putih dengan Beras Merah sebagai Makanan Pokok untuk Perlindungan Diabetes Mellitus. *Media Gizi Masyarakat Indonesia.* Vol. 3(3): 157–168.
- Simamora, D., M. I. Kartasurya, dan S. F. Pradigdo. 2018. Hubungan Asupan Energi, Makro dan Mikronutrien dengan Tekanan Darah pada Lanjut Usia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat.* 6(1), 426–435.
- Sundari, D., Almasyhuri, dan A.I., Amid. 2021. Pengaruh Proses Pemasakan terhadap Komposisi Zat Gizi Bahan Pangan Sumber Protein. *Media Litbangkes.* Vol. 25 (4): 235 – 242.
- Tournier, C., C. Sulmont-Rosse dan E. Guichard. 2007. Flavour Perception: Aroma, Taste and Texture Interactions. *Food.* Vol. 1(2):246–257.
- Welch, R.M. 2002. The Impact of Mineral Nutrients in Food Crops on Global Human Health. *Dalam: Sakya, A.T. Peningkatan Ketersediaan Nutrisi Mikro pada Tanaman: Upaya Mengurangi*

BIODATA PENULIS:

Sonya Mamoriska Harahap dilahirkan di Medan, 26 Maret 1969. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Teknik Komputer di Boston University. Pendidikan S2 Jurusan Business Administration di Melbourne University pada tahun 1997 dan S3 Jurusan Ilmu Manajemen Universitas Indonesia pada tahun 2013.

Mochamad Gelar Hidayat dilahirkan di Cianjur, 1 Agustus 1981. Penulis menyelesaikan S1 di Fakultas MIPA, Jurusan Kimia di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2004.

Cynthia Ghaniyyu Magda dilahirkan di Malang, 31 Maret 1995. Penulis menyelesaikan S1 di Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Jurusan Mikrobiologi di Institut Teknologi Bandung pada tahun 2017.

Astri Yuliarti dilahirkan di Bontang, 18 Juli 1984. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2006. Pendidikan S2 jurusan Manajemen dan Bisnis, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2008.

Eny Cahyaningsih dilahirkan di Klaten, 25 November 1977. Penulis menyelesaikan S1 di Jurusan Statistika, Fakultas MIPA Universitas Gadjahmada, pada tahun 2001. Pendidikan S2 Jurusan Manajemen dan Bisnis, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2013.

Eriel Mar Manalu dilahirkan di Jakarta, 5 Maret 1986. Penulis menyelesaikan S1 di Institut Teknologi Telkom Jurusan Teknik Elektro pada 2009. Pendidikan S2 jurusan Manajemen Strategis, Universitas Gadjah Mada pada tahun 2015.

Sambudi dilahirkan di Bantul, 02 Oktober 1969. Penulis menyelesaikan pendidikan SMA di SMAN Sanden pada tahun 1988.

Rista Yulia Kusuma Putri dilahirkan di Jakarta, 19 Juli 1988. Penulis menyelesaikan S1 Jurusan Teknik Planologi, Universitas Diponegoro pada tahun 2010. Pendidikan S2 Manajemen Universitas Gadjah Mada pada tahun 2015.

Halaman ini sengaja dikosongkan