



## Perbaikan Mutu Gizi Bahan Pangan Melalui Biofortifikasi Kandungan Mineral

### *Improving the Nutritional Quality of Food Ingredients Through Biofortification of Mineral Content*

**Budi Hartoyo\***

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang, Kota Semarang.

\*Korespondensi : budi-hartoyo@untagsmg.ac.id

#### **ABSTRAK**

Kekurangan gizi merupakan permasalahan serius, sekitar 30% penduduk dunia termasuk Indonesia, terutama anak-anak, berisiko menderita kekurangan gizi Zn. Kekurangan gizi Zn juga menjadi salah satu faktor kekerdilan (stunting) yang prevalensinya cukup besar dan merata di Indonesia. Demikian pula masalah anemia karena kekurangan asupan zat gizi mikro terutama zat besi. Beras adalah makanan pokok sebagian besar penduduk di Indonesia. Sebagai pangan utama, beras diketahui memiliki nilai gizi mikro yang tidak memadai sehingga berpotensi menimbulkan kekurangan gizi bagi konsumen. Biofortifikasi merupakan salah satu inovasi dalam meningkatkan mutu gizi beras. Keuntungan biofortifikasi antara lain : (1) dapat dikembangkan pada bahan makanan pokok, (2) lebih murah dan menguntungkan dari aspek budidaya karena benih yang sudah melalui proses fortifikasi akan terikut pada generasi selanjutnya, (3) bermanfaat bagi masyarakat konsumen rawan gizi. Kandungan mineral penting seperti Fe (besi) dan Zn (seng) pada beras dapat ditingkatkan melalui biofortifikasi menjadi beras kaya Fe atau Zn. Beras kaya gizi mineral hasil biofortifikasi dapat dimanfaatkan dan dikembangkan Pemerintah guna menanggulangi masalah gizi pada masyarakat, terutama dari golongan ekonomi lemah.

Kata kunci : Pangan, biofortifikasi, mutu gizi, mineral

#### **ABSTRACT**

*Malnutrition is a serious problem, around 30% of the world's population, including Indonesia, especially children, are at risk of suffering from Zn malnutrition. Zn deficiency is also one of the factors of stunting whose prevalence is quite large and evenly distributed in Indonesia. Similarly, the problem of anemia due to lack of intake of micronutrients, especially iron (Fe). Rice is the staple food of most of the population in Indonesia. As the main food, rice is known to have inadequate micronutrient values that have the potential to cause nutritional deficiencies for consumers. Biofortification is one of the innovations in improving the nutritional quality of rice. The advantages of biofortification include: (1) it can be developed on staple foods, (2) it is cheaper and more profitable from the cultivation aspect because seeds that have gone through the fortification process will be included in the next generation, (3) beneficial for nutritionally vulnerable consumer communities. The content of important minerals such as Fe (iron) and Zn (zinc) in rice can be increased through biofortification into Fe or Zn-rich rice. Rice rich in mineral nutrients as a result of biofortification can be utilized and developed by the Government to overcome nutritional problems in the community, especially those from the poor society.*

Keyword : Food, biofortification, nutritional quality, minerals

## PENDAHULUAN

Mutu produk pertanian saat ini cenderung berorientasi pada kandungan beberapa unsur penting atau makro yang sangat erat kaitannya dengan kesehatan manusia. Keberadaan unsur mikro yang terdapat dalam produk pangan belum banyak digali dan dihargai. Salah satunya adalah kandungan beberapa unsur mineral yang perlu mendapat perhatian karena sangat berperan dalam beberapa metabolisme baik pada manusia, hewan maupun tanaman. Kebutuhan terhadap mineral untuk kesehatan manusia kedepan diindikasikan akan terus meningkat, hal ini disebabkan antara lain karena meningkatnya asupan radikal bebas dari makanan, air dan udara yang tercemar dan menimbulkan berbagai penyakit degeneratif (Latief, 2004).

Saat ini kesadaran masyarakat terhadap pangan fungsional semakin tinggi. Pangan fungsional merupakan kebutuhan yang terus meningkat seiring dengan kesadaran akan pentingnya kesehatan. Seiring dengan berkembangnya ilmu dan teknologi, fungsi beras bukan hanya sebagai sumber karbohidrat, namun berperan dalam fungsi kesehatan (Windyani dan Rusdianto, 2020).

Defisiensi nutrisi terutama besi (Fe), seng (Zn) dan Vitamin A merupakan penyebab hampir dua per tiga angka kematian pada anak-anak di Dunia (Welch dan Graham, 2004). Indonesia merupakan salah satu negara yang masih mengalami masalah anemia yang cukup serius karena kekurangan asupan zat gizi mikro terutama zat besi (Astuti *et al.*, 2013), demikian pula permasalahan Stunting di Indonesia perlu adanya perhatian khusus. Sekitar 30 persen penduduk dunia termasuk Indonesia terutama anak-anak beresiko kekurangan gizi Zn (seng) yang sangat berguna untuk proses pertumbuhan. Salah satu faktor yang menyebabkan kekerdilan atau stunting yakni kurangnya konsumsi gizi seng (Zn) yang terjadi di masyarakat, utamanya pada anak-anak. Hasil survei Status Gizi Balita pada 2019, prevalensi stunting Indonesia sebesar 27,67 persen. Angka itu masih di atas standar WHO, bahwa prevalensi stunting di suatu negara tidak boleh melebihi 20 persen (Tempo, 2021).

Beras adalah makanan pokok bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Sebagai bahan pangan utama, beras diketahui memiliki gizi mikro yang tidak memadai sehingga berpotensi menimbulkan kekurangan gizi bagi konsumen. Kandungan gizi pada bahan pangan dapat diperbaiki dan bahkan ditingkatkan melalui kegiatan pemuliaan tanaman yang dikenal sebagai biofortifikasi atau fortifikasi biologi. Biofortifikasi di Indonesia menjadi sangat penting dan strategis dikaitkan dengan tingginya angka prevalensi anemia gizi besi dan stunting karena kurangnya konsumsi gizi zinc (Zn) yang terjadi di masyarakat, utamanya pada anak-anak.

Biofortifikasi merupakan upaya intervensi (memasukan unsur nutrisi) untuk meningkatkan konsentrasi nutrisi yang tersedia bagi tanaman. Bentuk biofortifikasi yang biasa dilakukan adalah melalui intervensi agronomis (pemupukan) maupun genetis (pemuliaan tanaman). Biofortifikasi pada tanaman pangan diharapkan melengkapi upaya pemenuhan kebutuhan zat gizi mikro. (Sinar Tani, 2022)

Biofortifikasi, khususnya biofortifikasi tanaman, merupakan strategi yang lebih hemat biaya daripada suplementasi obat-obatan atau modifikasi pola diet (Bouis and Welch, 2010; De Steur *et al.*, 2017). Biofortifikasi dipandang sebagai strategi penting untuk mengurangi kekurangan gizi bagi orang-orang terutama di negara berkembang (Talsma *et al.*, 2017). Dari berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumen cenderung menerima hasil biofortifikasi dengan berbagai tanaman dan teknik (Oparinde *et al.*, 2016; Banerji *et al.*, 2016; De Steur *et al.*, 2014; Wortmann *et al.*, 2018). Dengan demikian pengembangan biofortifikasi sebagai upaya untuk meningkatkan nilai gizi diterima oleh semua pihak.

Tulisan ini memberikan informasi dan pemahaman tentang upaya perbaikan mutu gizi bahan pangan melalui program biofortifikasi sebagai strategi pengembangan beras kaya Fe (besi) dan Zn (seng) sebagai upaya menanggulangi masalah anemia gizi Fe dan defisiensi Zn penyebab stunting.

## **PENINGKATAN MUTU GIZI PANGAN BERBASIS BIOFORTIFIKASI**

Mineral sebagai zat gizi belum banyak disadari manfaatnya oleh sebagian besar masyarakat. Kecukupan akan mineral dalam komposisi pangan belum dipahami sebaik kecukupan akan kalori, protein atau vitamin. Bahkan sebagian masyarakat awam ada yang menganggap bahwa mineral telah terdapat dalam protein atau vitamin. Makanan pokok berupa beras umumnya mengandung berbagai mineral yang bermanfaat bagi tubuh sehingga kurang pahaman masyarakat akan mineral telah terpenuhi sebagian dari konsumsi beras sehari-hari. Selama ini beras lebih dikenal sebagai bahan pangan sumber energi, bukan sebagai sumber vitamin A, mineral besi, seng, dan asam amino yang penting bagi kesehatan, khususnya anak-anak. Penelitian pemuliaan padi saat ini telah sampai pada pemanfaatan gen-gen yang berkaitan dengan vitamin dan mineral yang telah berhasil mengembangkan padi kaya besi dan seng serta padi kaya beta karoten sebagai sumber vitamin A.

Seng (Zn) mendapatkan perhatian yang cukup besar akhir-akhir ini, seng sendiri merupakan zat gizi yang esensial. Keberadaan seng di dalam tubuh akan mempengaruhi fungsi kekebalan tubuh, sehingga berperan penting dalam pencegahan infeksi oleh berbagai jenis bakteri patogen. Kekurangan seng dapat menimbulkan berbagai macam masalah kesehatan dalam tubuh. Anandita (2012) menjelaskan bahwa kekurangan seng pada anak-anak menyebabkan terlambatnya

kematangan fungsi seksual serta *stunting* (pendek). Pada tanaman zink memainkan peranan penting dalam sintesis auksin, pembungaan dan produksi gizi (Indradewa, 2007).

Lima hal penting yang perlu mendapat perhatian dalam pengembangan biofortifikasi padi adalah : (1) variabilitas genetik padi dan penggunaannya dalam program pemuliaan tanaman, (2) keuntungan dan kerugian mengembangkan varietas padi kaya mineral, (3) perubahan pola makan konsumen, (4) manfaat mengkonsumsi bahan pangan yang mengandung mineral bagi tubuh, dan (5) program intervensi lain yang lebih murah dibandingkan program biofortifikasi dalam upaya menanggulangi anemia zat besi dan *stunting* (Bouis *et.al.*, 2000).

Biofortifikasi dapat memberikan sumbangan nyata dan berkelanjutan dengan biaya murah dalam upaya menanggulangi kahat mineral pada tanaman dan manusia karena dapat memperbaiki gizi konsumen, meningkatkan daya adaptasi varietas pada lingkungan tumbuh, dan menguntungkan dari segi agronomi dan ekonomi sehingga berpotensi dikembangkan secara luas.

Tidak dipungkiri bahwa berbagai terobosan dalam penanggulangan kekurangan gizi pada beras telah dilakukan baik dengan cara suplementasi maupun fortifikasi. Namun pendekatan pemuliaan atau biofortifikasi ini dinilai lebih mudah, ekonomis, dan berkelanjutan untuk mengatasi kekurangan seng (Sinar Tani, 2020)

Peningkatan kandungan Fe (besi) pada padi tidak akan mengubah penampakan, rasa, tekstur atau mutu tanak beras karena mineral besi merupakan unsur yang sangat halus. Sehingga tidak akan mengubah cara menanak nasi dan pola makan konsumen. Berbeda dengan penambahan beta karoten pada beras yang mengubah penampakan beras menjadi kekuningan, sehingga menyebabkan perubahan tingkat preferensi konsumen (Indrasari dan Kristantini, 2018).

Dalam sistem metabolisme tubuh manusia terdapat hubungan sinergi antara mineral besi dan seng. Pengaruh sinergis yang kuat menandakan perakitan varietas tanaman yang memiliki kadar Fe dan Zn tinggi akan lebih efektif menanggulangi anemia (King *et.al.*, 2000), dan tentunya lebih efisien.

## BIOFORTIFIKASI

Biofortifikasi merupakan proses menambahkan dan atau meningkatkan kualitas nutrisi dalam tanaman bahan pangan sebelum tanaman tersebut diolah atau dikonsumsi secara langsung. Tidak seperti fortifikasi konvensional, biofortifikasi dapat membuat bahan pangan yang dikonsumsi bernilai tinggi sejak tanaman bahan pangan tersebut ditumbuhkan. Biofortifikasi sangat menolong untuk memperbaiki kualitas gizi masyarakat yang secara ekonomi dan geografis sulit mendapatkan suplementasi dan membeli makanan komersil terfortifikasi (<https://hmrh.sith.itb.ac.id/bernilai-tinggi-dengan-biofortifikasi/> 7 Juli 2022)

Biofortifikasi adalah salah satu upaya di bidang pertanian untuk meningkatkan kadungan nilai gizi pangan. Biofortifikasi beras menjadi penting sebagai salah satu inovasi dalam memperbaiki mutu gizi beras melalui peningkatan kandungan zat gizi, diantaranya mineral Fe (besi) dan Zn (seng). Keuntungan biofortifikasi antara lain : (1) dapat dikembangkan pada makanan pokok beras, (2) lebih murah dan menguntungkan dari aspek budidaya karena benih yang telah terfortifikasi akan terikut pada generasi selanjutnya sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut oleh petani, (3) bermanfaat bagi masyarakat rawan gizi, dan (4) produksi tinggi dan ramah lingkungan ([www.harvestplus.org](http://www.harvestplus.org), 2021).

Biofortifikasi pada tanaman bisa mengacu melalui teknologi pemuliaan tanaman untuk meningkatkan kandungan mikronutrien secara konvensional dan transformasi gen atau rekayasa genetik yang aman (Saltzman *et al.*, 2013). Biofortifikasi konvensional merupakan salah satu upaya dalam meningkatkan kandungan gizi tanaman melalui persilangan konvensional dengan memanfaatkan plasma nutfah yang memiliki karakter beragam, sehingga dapat diarahkan untuk menghasilkan varietas yang mempunyai kandungan mineral tinggi, seperti Fe untuk menanggulangi masalah anemia gizi besi, atau Zn untuk menanggulangi stunting. Jika varietas yang mengandung mineral besi dan seng tinggi telah dihasilkan melalui perakitan tanaman, maka dapat dikembangkan lebih lanjut dalam skala luas. Hal ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap peningkatan gizi beras yang dikonsumsi masyarakat luas, Cara ini dinilai sebagai salah satu intervensi gizi secara murah dan berkelanjutan (Indrasari dan Kristantini, 2018).

Pembentukan/perakitan varietas unggul padi sawah yang memiliki zink tinggi saat ini masih dilakukan secara konvensional yaitu dengan menyilangkan galur-galur padi yang memiliki zink tinggi. Dalam proses ini dalam pemuliaan dikenal dengan biofortifikasi. Biofortifikasi merupakan proses peningkatan kandungan gizi (senyawa, unsur mikro atau vitamin yang berguna bagi pertumbuhan serta kesehatan manusia) komoditas pertanian melalui proses pemuliaan tanaman (Abdullah, 2017). Hasil yang nantinya dapat diwariskan ke tanaman generasi berikutnya, sehingga lebih efisien dibanding dengan fortifikasi yang harus melakukan perlakuan peningkatan nutrisi tertentu setiap saat (Asfan dan Maflahah, 2021).

Biofortifikasi dengan tranformasi gen atau rekayasa genetik juga telah berkembang, termasuk dalam mendapatkan varietas unggul padi kaya mineral. Seperti yang dilakukan Lucca *et al.*, (2002) *cit* Indrasari dan Kristantini (2018) yang mentranformasi gen ferritin dari *Phaseolus vulgaris* ke tanaman padi guna meningkatkan kandungan Fe. Namun sampai dengan saat ini biofortifikasi pada padi di Indonesia dilakukan secara persilangan konvensional dengan memanfaatkan plasma nutfah koleksi Balai Besar Padi Sukamandi.

Secara alamiah, kadar Fe dan Zn pada beras relatif rendah, namun setiap kenaikan konsentrasi mineral dapat membantu mengurangi defisiensi Fe dan Zn pada manusia karena tingginya konsumsi beras, terutama masyarakat ekonomi rendah ([www.harvestplus.org](http://www.harvestplus.org), 2022).

Biofortifikasi adalah proses meningkatkan kandungan mikronutrien pada tanaman pokok yang dikonsumsi secara luas melalui pemuliaan tanaman konvensional, praktik agronomi, atau modifikasi genetik. Upaya biofortifikasi difokuskan terutama untuk mengatasi kekurangan vitamin A, zat besi, dan seng, yang secara kolektif merupakan penyebab terbesar beban penyakit yang belum tertangani terkait dengan “kekurangan gizi” di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah ([www.harvestplus.org](http://www.harvestplus.org), 2021).

Beras merupakan makanan pokok di Indonesia yang dapat ditingkatkan nilai gizinya melalui biofortifikasi dengan cara pemuliaan tanaman baik secara konvensional maupun rekayasa genetik agar memperoleh varietas padi dengan beras yang memiliki kandungan vitamin, mineral atau senyawa yang lebih lengkap yang bermanfaat untuk kesehatan. Biofortifikasi pada padi telah banyak dilakukan, diantaranya meningkatkan kandungan zat besi dan seng pada beras. Beberapa varietas padi memiliki kandungan zat besi  $2\mu\text{g/g}$  dan seng  $16\mu\text{g/g}$  pada beras poles, akan tetapi melalui biofortifikasi secara rekayasa genetik dapat menghasilkan beras poles dengan kandungan zat besi  $15\mu\text{g/g}$  dan seng  $45,7\mu\text{g/g}$ . Biofortifikasi juga dilakukan untuk meningkatkan kandungan antosianin pada beras merah dan beras hitam yang berperan sebagai antioksidan melalui perakitan varietas dengan pemuliaan konvensional. Kekurangan vitamin A juga dapat diatasi dengan biofortifikasi  $\beta$ -karoten pada tanaman padi yang dilakukan melalui rekayasa genetik pada tanaman padi.

Studi menunjukkan penyerapan seng dari makanan yang dibuat dengan makanan pokok yang diperkaya dengan seng (nasi yang dipoles, tepung gandum utuh atau halus, atau tepung jagung utuh) adalah 8-25 persen lebih tinggi daripada penyerapan seng dari makanan yang terbuat dari varietas konvensional ([www.harvestplus.org](http://www.harvestplus.org), 2021).

Biofortifikasi dianggap sebagai proses yang efektif untuk meningkatkan mikronutrien dalam makanan tanaman termasuk padi. Ini juga merupakan strategi yang berkelanjutan dan layak untuk mengurangi kekurangan zat gizi mikro untuk orang-orang yang sebagian besar mengonsumsi beras dan memiliki akses terbatas ke makanan yang beragam (atau pasar makanan) dan fasilitas kesehatan yang baik.

Biofortifikasi tanaman padi melalui rekayasa genetika, berbasis teknologi transgenik dapat meningkatkan kandungan besi (Fe) 6,3 kali lipat pada beberapa varietas padi (Wirth *et al.*, 2009), peningkatan kandungan seng (Zn) 2,0 kali lipat (Johnson *et al.*, 2011), dan 37 g/g total karotenoid (Paine *et al.*, 2005) dalam biji-bijian beras biofortifikasi.

Teknologi transgenik berhasil meningkatkan kandungan Fe pada beras tanpa kendala fisiologis, sehingga perbaikan kandungan Fe beras melalui teknik rakayasa genetik tidak bermasalah (Johnson *et al.*, 2011). Padi transgenik kaya besi dan seng yang dikembangkan secara terbatas di lapangan menyumbang 30% kedua mineral tersebut pada beras (Trijatmiko *et al.*, 2016).

Kementerian Pertanian melalui Balai Besar Penelitian Padi (BB Padi) telah melakukan perakitan varietas padi secara konvensional melalui program biofortifikasi menghasilkan Varietas unggul baru (VUB) yang memiliki kandungan zinc tinggi. Pada tahun 2019 dihasilkan VUB padi sawah Inpari IR Nutri Zinc, beberapa keunggulan dari IR Nutri Zinc ini. Antara lain rata-rata kandungan Zn 29,54-34,51 ppm (sekitar 23% lebih tinggi daripada Ciherang dengan kandungan Zn : 24,06 ppm), dengan rata rata hasil produksi mencapai 6,21 ton/ha GKG (setara Ciherang), namun, potensi hasil saat pertumbuhan optimal bisa mencapai 9,98 ton/ha, umur panen 115 hari setelah semai, tekstur nasi pulen. (Priatna *et al.*, 2020).

Pada tahun 2020 Balai Besar Penelitian Padi (BB Padi) Kementerian Penelitian juga telah melepas varietas padi secara konvensional melalui program biofortifikasi menghasilkan Varietas unggul baru (VUB) padi gogo yang memiliki kandungan zinc tinggi, yaitu Inpago 13 Fortiz, beberapa keunggulan dari IR Nutri Zinc ini. Antara lain rata-rata kandungan Zn 34 ppm pada beras pecah kulit, dengan rata rata hasil produksi mencapai 6,53 ton/ha GKG, namun, potensi hasil saat pertumbuhan optimal bisa mencapai 8,11 ton/ha GKG.

## **KESIMPULAN**

Permasalahan kekurangan gizi merupakan permasalahan serius, sekitar 30% penduduk dunia termasuk Indonesia, terutama anak-anak, berisiko menderita kekurangan gizi Zn. Kekurangan gizi Zn juga menjadi salah satu faktor kekerdilan (stunting) yang prevalensinya cukup besar dan merata di Indonesia. Demikian pula masalah anemia karena kekurangan asupan zat gizi mikro terutama zat besi. Beras adalah makanan pokok sebagian besar penduduk di Indonesia. Sebagai pangan utama, beras diketahui memiliki nilai gizi mikro yang tidak memadai sehingga berpotensi menimbulkan kekurangan gizi bagi konsumen. Upaya peningkatan kandungan nilai gizi tinggi dalam produk pangan dapat dikembangkan melalui program biofortifikasi, seperti beras kaya Fe dan Zn. Terbukti bahwa melalui program biofortifikasi dapat meningkatkan kandungan gizi mineral pada beras. Beras kaya gizi mineral dapat dimanfaatkan dan dikembangkan Pemerintah guna menanggulangi masalah gizi pada masyarakat, terutama dari golongan ekonomi lemah.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Abdullah, B. 2017. Peningkatan kadar antosianin beras merah dan beras hitam melalui biofortifikasi. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), 91-98.
- Anindita, P. 2012. Hubungan Tingkat Pendidikan Ibu, Pendapatan Keluarga, Kecukupan Protein & Zinc Dengan Stunting (Pendek) Pada Balita Usia 6 – 35 Bulan Di Kecamatan Tembalang Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Vol. 1 No. 2 Hal : 617-626.
- Asfan, D. F., dan Maflahah, I. 2021. Analisis Pemilihan Strategi Pengembangan Usaha Garam Fortifikasi Kelor Di Kabupaten Sampang. *Agroindustrial Technology Journal*, 5(1), 34-43.
- Banerji, A., Birol, E., Karandikar, B. and Rampal, J. (2016), “Information, branding, certification, and consumer willingness to pay for high-iron pearl millet: evidence from experimental auctions in Maharashtra, India”, *Food Policy*, Vol. 62, pp. 133-141.
- Bouis, H., and R.M. Welch. 2010. “Biofortification-a sustainable agricultural strategy for reducing micronutrient malnutrition in the global south”, *Crop Science*, Vol. 50, pp. S-20-S-32.
- Bouis, H., R.D. Graham, and R.M. Welch. 2000. The consultative group on international agricultural research (CGIAR) micronutrient project: Justification and objectives. *Food and nutrition bulletin*. 21 (4): 374-381
- De Steur, H., S. Feng., S. Xiaoping, and X. Gellynck. 2014. “Consumer preferences for micronutrient strategies in China. A comparison between folic acid supplementation and folate biofortification”, *Public Health Nutrition*, Vol. 17 No. 6, pp. 1410-1420.
- De Steur, H., M. Demont., X. Gellynck, and A.J. Stein. 2017. “The social and economic impact of biofortification through genetic modification”, *Current Opinion in Biotechnology*, Vol. 44, pp. 161-168.
- Inradewa, D.2007. Peran Seng (Zn) dalam Budidaya Pertanian sebagai Sumber Pangan dan Dampak Defisiensi Seng dalam Pertanian Global.
- Indrasari SD, dan Kristantini, 2018. Biofortifikasi mineral Fe dan Zn pada beras : Perbaikan mutu gizi bahan pangan melalui pemuliaan tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian* Vol. 37, No. 1 (9-16). Badan Litbang Pertanian.
- Johnson, A.A.T., B. Kyriacou., D.L. Callahan., L. Carruthers., J. Stangoulis., E. Lombi., and M. Tester. 2011. Constitutive overexpression of the OsNAS gene family reveals single-gene strategies for effective iron and zinc-biofortification of Rice endosperm. *PLoS ONE* 6(9) : e24476.
- King, J.C., C.M. Donangelo, L.R. Woodhouse, S.D. Mertz, D.M. Shames, F.E. Viteri, Z. Cheng, and R.M. Welch. 2000. Measuring iron and zinc availability in humans. *Food Nutr Bull*. 21: 434-439
- Latief, D. 2004. Kualitas sumberdaya hara dan tingkat kesehatan masyarakat. *Prosiding Semiloka hasil penelitian dan pengkajian teknologi spesifik lokasi*. Palembang, 28-29 Juni 2004
- Majalah Tempo, 2021. Percepat produksi padi biofortifikasi. <https://bisnis.tempo.co/read/1510322/> 25 September 2021

- Oparinde, A., Banerji, A., Birol, E. and Ilona, P. 2016. "Information and consumer willingness to pay for biofortified yellow cassava: evidence from experimental auctions in Nigeria", *Agricultural Economics*, Vol. 47 No. 2, pp. 215-233.
- Paine, J.A.; Shipton, C.A.; Chagger, S.; Howles, R.M.; Kennedy, M.J.; Vernon, G.; Wright, S.Y.; Hincli\_e, E.; Adams, J.L.; Silverstone, A.L.; et al. Improving the nutritional value of Golden rice through increased pro-vitamin A content. *Nat. Biotechnol.* 2005, 23, 482–487.
- Priatna S., Suprihanto., Y. Nugraha., I. Hasmi., Satoto, A.R. Indrastuti., Z. Susanti, B. Kusbiantoro., Rahmini., A. Hairmansis., T. Sitaresmi., Suharna., M. Norvyani., dan D. Arismati. 2020. *Deskripsi Varietas Padi*. Balai Besar Padi. Kementerian Pertanian
- Siburian, E.F. 2022. Bernilai tinggi dengan biofortifikasi. <https://hmrh.sith.itb.ac.id/> (diakses : 7 Juli 2022)
- Sinar Tani, 2020. Tekan stunting 50 ribu hektar padi inpari nutrizinc siap berproduksi. <https://tabloidsinartani.com/detail/index/pangan/14880-> (disunting 03 Nov 2020)
- Talsma, E.F., A. Melse-Boonstra, and I.D. Brouwer. 2017. "Acceptance and adoption of biofortified crops in low-and middle-income countries: a systematic review", *Nutrition Reviews*, Vol. 75 No. 10, pp. 798-829.
- Trijatmiko, KR., C. Duenas, N. Tsarkirpaloglou., 2016. Biofortified indica rice attains iron and zink nutrition dietary targets in the field. *Sci.Rep.* 6, 19792.
- Welch, R.M., and R.D. Graham, 2004. Breeding for micronutrient in staple food crops from a human nutrition perspective. *J. Exp. Bot.* 55:3 (53-64)
- Windiyan H dan Rusdianto SW. 2020. New Superior Varieties of Functional Rice Support Food Security In Facing Pandemic Covid-19. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimalke-8 Tahun 2020*, Palembang 20 Oktober 2020. pp. 449-456. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)
- Wirth, J., S. Poletti., B. Aeschlimann., N. Yakandawala., B. Drosse., S. Osorio., T. Tohge., A.R. Fernie., D. Gunther., and W. Gruissem. 2009. Rice endosperm iron biofortification by targeted and synergistic action of nicotianamine synthase and ferritin. *Plant Biotechnol. J.* 2009, 7, 631–644.
- Wortmann, L., U. Enneking., and D. Daum. 2018. "German consumers' attitude towards Selenium-biofortified apples and acceptance of related nutrition and health claimss", *Nutrients*, Vol. 10, p. 190.

