

## **PENINGKATAN KETERSEDIAAN NUTRISI MIKRO PADA TANAMAN: UPAYA MENGURANGI MALNUTRISI PADA MANUSIA**

**Amalia Tetrani Sakya<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret  
Email: sakya\_at@yahoo.com

### ***Abstract***

*Malnutrition is still one of the big problems the majority of developing countries including Indonesia. Malnutrition is the result of insufficient intake of available nutrients in the human diet. The availability of nutrients is mainly determined by the output of food produced from agricultural systems. Plants provide almost all the necessary vitamins and minerals, but due to low mineral content in staple crops, resulting in the intake becomes less and lead to malnutrition or lack of nutrients. Unfortunately, as a result of population pressure, a lot of the current global food system does not provide enough micronutrients to ensure adequate micronutrient intake for everyone. This has resulted in an increase in the prevalence of micro-nutrient deficiencies (for example, iron deficiency, vitamin A deficiency, and iodine), which now afflicts many poor women resources, infants and children in developing countries. To get a balanced nutrition and adequate then improve the quality of agriculture as a food ingredient indispensable. Various attempts to overcome nutritional deficiencies especially regarding micro nutrient deficiencies, such as supplementation, food fortification and diversification of the food has a lot to do, but did not provide maximum results. Another alternative approach to address the problem of shortage of micronutrients is biofortification, genetic biofortification or agronomic biofortification. This approach emerged due to health and human well-being depends entirely on the plants, either directly or indirectly.*

**Keywords:** *agronomic biofortification, malnutrition, micronutrient*

### **PENDAHULUAN**

Masalah kekurangan gizi atau nutrisi masih menjadi salah satu masalah besar sebagian besar negara berkembang termasuk Indonesia karena kekurangan nutrisi merupakan masalah utama yang diketahui dapat menghambat lajunya pembangunan nasional. Faktor nutrisi merupakan salah satu faktor yang menentukan kualitas hidup dan berperan untuk meningkatkan ketahanan fisik dan produktivitas kerja. Tanpa mengabaikan arti penting dari faktor lain, nutrisi merupakan faktor penentu kualitas sumber daya manusia yang pokok, karena unsur nutrisi tidak hanya sekedar mempengaruhi derajat kesehatan dan ketahanan fisik, tetapi juga menentukan kualitas daya pikir atau kecerdasan intelektual yang sangat esensial bagi kehidupan manusia. Oleh karena produktivitas sangat tergantung pada nilai asupan nutrisi makanan dan asupan makanan tergantung pada tingkat pendapatan maka tingkat pendapatan yang rendah dinilai memiliki peranan penting dan bersifat timbal balik, artinya tingkat pendapatan yang rendah akan menyebabkan kurang nutrisi dan individu yang kurang nutrisi akan berakibat atau

melahirkan kemiskinan. Dengan status nutrisi yang rendah akan sulit untuk mendapatkan sumber daya manusia yang berkualitas yaitu yang memiliki fisik yang tangguh, mental yang kuat kesehatan yang prima, serta cerdas, padahal keberhasilan pembangunan suatu bangsa ditentukan oleh ketersediaan sumberdaya manusia yang berkualitas (Syarief, 1997; Stein, 2010).

Berbagai usaha mengatasi kekurangan nutrisi terutama yang menyangkut kekurangan nutrisi mikro, seperti suplementasi, fortifikasi makanan dan diversifikasi makanan telah banyak dilakukan, namun belum memberikan hasil yang maksimal. Pendekatan baru untuk mengatasi masalah kekurangan nutrisi mikro adalah dengan meningkatkan kepadatan dan bioavailabilitas mikronutrien di bagian yang dapat dimakan pada tanaman yang dikenal dengan biofortifikasi. Pendekatan ini muncul karena kesehatan dan kesejahteraan manusia sepenuhnya tergantung pada tanaman, baik langsung maupun tidak langsung. Tanaman memberikan hampir semua vitamin dan mineral yang diperlukan, namun karena kandungan mineral yang rendah di dalam tanaman pokok, sehingga mengakibatkan

asupan menjadi kurang dan mengakibatkan kurang gizi atau nutrisi.

Dalam tulisan ini, akan dibahas secara singkat manfaat dan defisiensi nutrisi mikro bagi kesehatan manusia, penyebab dan upaya mengatasi malnutrisi gizi mikro dan peningkatan ketersediaan nutrisi mikro pada tanaman sebagai sumber nutrisi mikro bagi manusia.

### **Manfaat dan Defisiensi Nutrisi Mikro Bagi Kesehatan Manusia**

Tubuh manusia memerlukan sejumlah pangan dan nutrisi secara tetap, sesuai dengan standar kecukupan nutrisi, namun kebutuhan tersebut tidak selalu dapat terpenuhi. Diperkirakan 44 macam senyawa dan unsur yang harus diperoleh dari makanan dengan jumlah tertentu setiap harinya dan 22 diantaranya merupakan nutrisi makro dan mikro, seperti Fe, Zn, Cu, I dan Se (Bouis and Welch, 2010). Nutrisi mikro merupakan komponen yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup di samping karbohidrat, lemak, protein, dan vitamin, karena nutrisi mikro berperan dalam berbagai proses fisiologis manusia untuk membantu kerja enzim atau pembentukan organ. Oleh karena itu kekurangan mineral mikro dapat menyebabkan kelainan proses fisiologis atau disebut penyakit defisiensi/kekurangan nutrisi (Arifin, 2008).

Masalah kekurangan nutrisi mikro khususnya kurang besi (Fe), seng (Zn), yodium (I) dan selenium (Se) menjadi isu yang menarik akhir-akhir ini, karena diperkirakan bahwa dari 6 miliar penduduk dunia, 60-80% adalah kekurangan Fe, lebih dari 30% adalah kekurangan Zn, 30% adalah I kekurangan dan sekitar 15% adalah kekurangan Se (White and Broadley, 2005). Menurut WHO, kekurangan seng (Zn) dan besi (Fe) masing-masing menempati peringkat kelima dan keenam diantara sepuluh faktor resiko kesehatan yang paling penting di beberapa Negara berpenghasilan rendah (Anonim, 2009).

Masalah nutrisi juga merupakan problem di Indonesia. Pada tahun 2000, masalah nutrisi mencapai 24,7% dan meningkat 28% pada tahun 2005. Masalah gizi kurang pada anak biasanya disebabkan karena kekurangan nutrisi mikro. Hasil penelitian survey evaluasi program GAKY (Gangguan Akibat Kurang Yodium) pada tahun 2003 menunjukkan bahwa prevalensi GAKY mencapai 11,1% dan

menunjukkan bahwa 45% kecamatan di Indonesia merupakan daerah endemik GAKY (Sudirman, 2008). Hasil Kekurangan Zn juga merupakan masalah di Indonesia, penelitian di Bogor, NTB dan Jawa Tengah pada tahun 2001 menunjukkan bahwa defisiensi Zn pada bayi sebesar 6-78%, sedangkan penelitian pada tahun 2002 di Bogor dan tahun 1997 di NTT pada ibu hamil menunjukkan terjadi defisiensi Zn sebesar 25% dan 72% (Kurniawan A, 2007). Prevalensi anemia kekurangan besi (AKB) untuk ibu hamil dan perempuan berusia 15-44 tahun berkurang dari 50,9% menjadi 40% dan dari 39,5% ke 27,9% dari tahun 1995 ke tahun 2001. Hal ini diasumsikan disebabkan karena program suplementasi zat besi untuk wanita hamil dan wanita usia reproduksi. Namun, untuk anak-anak balita tingkat ADB meningkat dari 40% (1995) menjadi 48,1% (2001), dan prevalensi sangat tinggi (> 55%) terjadi pada anak-anak kurang dari 24 bulan. Tren ini tampaknya berkorelasi dengan menurunnya kualitas konsumsi pangan rumah tangga, termasuk rendahnya kualitas makanan tambahan untuk anak-anak (Atmarita, 2005).

Angka kecukupan nutrisi mikro bagi manusia untuk dapat hidup sehat adalah Fe = 8-18 mg/hari, Zn = 8-11 mg/hari, I = 150 µg/hari, Se = 55 µg/hari, Mo = 48 µg/hari, Cr = 25-35 µg/hari dan Mn 1,8-2,3 µg/hari (Anonim, 2010). Bila jumlah yang diperlukan tidak terpenuhi maka kesehatan yang optimal tidak dapat dicapai dan bila kekurangan tersebut ringan, tidak akan dijumpai penyakit defisiensi yang nyata, tetapi akan timbul konsekuensi fungsional yang lebih ringan dan kadang-kadang tidak disadari kalau hal tersebut karena faktor nutrisi. Masalah kurang nutrisi mikro juga dikenal dengan masalah kelaparan tidak kentara (*hidden hunger*), karena umumnya masyarakat tidak mengetahui dengan jelas gejala yang terjadi (Syarif, 2004).

Besi (Fe) merupakan mikronutrien yang esensial dalam memproduksi hemoglobin yang berfungsi dalam mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh, mengangkut elektron dalam sel, dan dalam mensintesis enzim yang mengandung besi yang dibutuhkan untuk menggunakan oksigen selama memproduksi energi seluler (Bothwell, et. al., 1979 cit Gillespie, 1998).

Konsekuensi anemia kekurangan besi berpengaruh terhadap metabolisme energi dan

fungsi kekebalan yang akan berpengaruh pada fungsi kognitif dan perkembangan motorik (Walter, 1993, cit Lonnerdal, 1998). Anemia kekurangan zat besi, ditandai dengan hemoglobin rendah dan merupakan gejala yang paling dikenal luas dari kekurangan zat besi. Anemia kekurangan zat besi juga menyebabkan masalah serius lain seperti gangguan kemampuan belajar pada anak, peningkatan kerentanan terhadap infeksi dan mengurangi kapasitas kerja. Wanita usia subur sangat rentan kekurangan zat besi dan menderita konsekuensi yang tragis seperti persalinan prematur, bayi dengan berat lahir rendah dan risiko kematian lebih besar (Fairweather-Tait, S dan R. F. Hurrell, 1996; Anonim, 2009; WHO, 2009)

Seng (Zn) merupakan mikronutrisi kunci yang dibutuhkan untuk berbagai macam proses biokimia, fungsi imunologi dan klinis pada manusia. Sangat penting untuk mengaktifkan pertumbuhan dan perkembangan fisik dan neurologis pada bayi, anak-anak dan remaja. Seng ditemukan di semua bagian tubuh dan merupakan komponen lebih dari 300 enzim dan hormon. Seng mempercepat pembelahan sel dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Seng sangat penting dalam melindungi tubuh dari penyakit dan melawan infeksi, dan dapat mengurangi durasi dan keparahan diare. Defisiensi seng antara lain mempengaruhi pertumbuhan fisik, fungsi sistem kekebalan tubuh, kesehatan reproduksi dan pembangunan neurobehavioral (Prasad, 1991; Fairweather-Tait, S dan R. F. Hurrell, 1996).

Yodium merupakan unsur penting dari hormon yang dihasilkan oleh kelenjar tiroid dan diperlukan untuk biosintesis tiroksin. Hormon tiroksin sangat diperlukan untuk pertumbuhan normal, perkembangan mental dan fisik, baik pada manusia maupun hewan (Fairweather-Tait, S dan R. F. Hurrell, 1996).

Efek yang sangat dikenal orang akibat kekurangan yodium adalah gondok, yakni pembesaran kelenjar tiroid di daerah leher. Gondok dapat terjadi pada setiap tahap kehidupan, tetapi konsekuensi yang paling dahsyat kekurangan yodium berlangsung selama perkembangan janin dan masa kanak-kanak, dengan lahir mati, keguguran, pertumbuhan yang buruk, dan penurunan kognitif. Meskipun kretinisme adalah manifestasi paling ekstrim, signifikansi jauh lebih besar adalah gangguan mental yang mengarah pada kinerja sekolah yang buruk,

mengurangi kemampuan intelektual, dan kapasitas kerja gangguan (Benoist et. al., 2008). WHO saat ini memperkirakan bahwa sekitar 1 milyar orang di seluruh dunia saat ini adalah pada risiko dari gangguan akibat kekurangan yodium (GAKY). Secara khusus, defisiensi yodium pada wanita hamil dan anak-anak prasekolah merupakan masalah kesehatan masyarakat yang parah yang mempengaruhi perkembangan sosial dan ekonomi (Anonim, 2009; WHO, 2009).

Manusia memerlukan selenium untuk fungsi dari sejumlah enzim selenium yang, juga dikenal sebagai selenoproteins. Selenium juga dibutuhkan untuk peroksidase dan enzim-enzim antioksidan. Penelitian terbaru menunjukkan bukti jelas bahwa selenium dapat mencegah kanker tertentu dan merangsang fungsi kekebalan tubuh, tetapi jumlah selenium yang dibutuhkan untuk menggunakan efek-efek protektif saat ini tidak diketahui (Arifin, 2008; Rayman, 2008).

Molibdenum (Mo) berfungsi sebagai kofaktor untuk enzim yang terlibat dalam katabolisme belerang asam amino, purin dan pyridines dan kekurangan Mo akan menimbulkan alergi serta peningkatan resiko terkena kanker. Cronium (Cr) berfungsi dalam membantu menjaga kadar glukosa darah dan kekurangan Cr akan mengakibatkan arteriosclerosis dan hipertensi, merupakan pendorong diabetes dan katarak serta menyebabkan timbulnya kelainan mata yang serious. Mangan (Mn) berfungsi dalam pembentukan tulang dan terlibat dalam berbagai enzim metabolisme asam amino, kolesterol dan karbohidrat dan kekurangan Mo akan mengakibatkan intoleransi glukosa, pembekuan darah, gangguan tulang dan menurunkan kadar kolesterol (Fairweather-Tait, S Dan R. F. Hurrell, 1996).

### **Penyebab dan Upaya Mengatasi Malnutrisi Gizi Mikro**

Malnutrisi adalah gangguan kesehatan seseorang atau masyarakat yang disebabkan oleh tidak seimbang pemenuhan kebutuhannya akan zat gizi atau nutrisi yang diperoleh dari makanan (Syarif, 2004). Terdapat dua faktor yang terkait langsung dengan masalah nutrisi yaitu asupan nutrisi yang bersumber dari makanan dan infeksi penyakit. Rendahnya konsumsi pangan atau tidak seimbang nutrisi makanan yang

dikonsumsi mengakibatkan terganggunya pertumbuhan organ dan jaringan tubuh, lemahnya daya tahan tubuh terhadap serangan penyakit, serta menurunnya aktivitas dan produktivitas kerja (Ari, 2002; Stein, 2010).

Krisis global kekurangan nutrisi mikro adalah hasil dari disfungsi sistem pangan yang tidak dapat memberikan nutrisi mikro yang cukup untuk memenuhi kebutuhan nutrisi secara terus-menerus. Sistem pangan global telah gagal untuk menyediakan jumlah yang memadai dari semua nutrisi penting. Kemajuan dalam produksi tanaman, yang terjadi selama "revolusi hijau", memang menghasilkan pasokan makanan yang sangat meningkat untuk mencegah kelaparan. Revolusi hijau memang memberikan dampak yang positif. Sebagai contoh, antara tahun 1960 dan 1990 secara global produksi padi meningkat dua kali lipat, ketersediaan pangan per kapita meningkat sebesar 37 %, kalori per kapita yang tersedia per hari meningkat 35%. Namun, beberapa tanaman pangan tersebut hanya memenuhi kebutuhan pasokan energi karbohidrat, tetapi protein dan beberapa nutrisi lainnya hanya ada dalam jumlah yang relative kecil dari yang diperlukan. Sehingga memberikan konsekuensi tak terduga dari revolusi pertanian yang berpengaruh pada kesehatan manusia, kebahagiaan dan pengembangan dunia (Welch, 2002). Saat ini, ada lebih dari 3,7 miliar orang kekurangan zat besi dan sekitar 1 miliar orang yang sedang atau berada pada risiko mengembangkan gangguan kekurangan yodium. Selain itu, ada lebih dari 200 juta orang yang kekurangan vitamin A ataupun kekurangan mikronutrien lain, misalnya, Zn, Se, vitamin C, vitamin D, dan kekurangan asam folat (WHO, 1999). Kondisi ini didorong oleh konsumsi makanan pokok dengan kandungan nutrisi mikro rendah yang tinggi, tetapi rendah konsumsi sayuran, buah-buahan, dan produk-produk hewan dan ikan, yang merupakan sumber kaya nutrisi

(White and Broadley, 2005). Perubahan dalam produksi pertanian dengan sistem monokultur tampaknya juga memberikan sumbangan terhadap kekurangan nutrisi mikronutrien dengan membatasi keanekaragaman tanaman pangan (Welch dan Graham, 1999).

Selain akibat jangka panjang dari revolusi hijau, penurunan kandungan nutrisi mikro juga disebabkan adanya pengolahan pasca panen. Adanya proses penyosohan dan penggilingan pada padi menyebabkan penurunan kandungan nutrisi (Welch, 2002) seperti terlihat pada tabel 1. Alasan lain rendahnya konsentrasi nutrisi mikro dalam tanaman berkaitan dengan defisiensi hara tersebut dalam tanah. Misalnya, terjadinya defisiensi Zn pada manusia terjadi pada daerah-daerah yang tanamannya juga mengalami defisiensi Zn karena ketidaktersediaan Zn pada tanah, seperti kasus di banyak negara Asia (Cakmak, 2008).

Intervensi pemerintah dalam mengatasi kekurangan nutrisi mikro seperti suplementasi, fortifikasi dan diversifikasi makanan telah banyak dilakukan, dan terbukti efektif untuk nutrisi tertentu (Poletti et. al., 2004). Namun belum menunjukkan keberhasilan yang seragam disemua wilayah karena masing-masing usaha memiliki kekurangan dan kelebihan (baik mengenai waktu, dosis, kebutuhan infrastruktur, penggunaan sumber daya, ataupun kerjasama dengan penerima, dll). (White dan Broadley, 2005). Disamping itu, intervensi tersebut sangat mahal dan memberikan efek samping yaitu adanya penambahan anggaran untuk pemenuhan nutrisi tersebut (Frossard et. al., 2000). Tidak ada intervensi yang paling baik di semua situasi namun usaha-usaha tersebut tetap memegang peranan penting dalam mengatasi kekurangan nutrisi mikro dan pembuat kebijakan harus memutuskan kombinasi intervensi yang tepat dalam setiap kasus (Stein, 2010).

Tabel 1. Efek dari penyosohan dan penggilingan padi terhadap kandungan hara mikro

Nutrisi mikro	Beras pecah	Penggilingan	Persentase hilang
Besi (mg/kg BK)	20	5	75
Tembaga (mg/kg BK)	3,3	2,9	12
Mangan (mg/kg BK)	17,6	10,9	62
Zinc (mg/kg BK)	18	13	30
Biotin (µg/kg BK)	120	50	58
Folic acid (µg/kg BK)	200	160	20
Niacin (mg/kg BK)	47	16	66
Panthothenic acid (mg/kg BK)	20	10	50
Riboflavin (mg/kg BK)	0.5	0.3	40
Thiamin (mg/kg BK)	3,4	0.7	80
Vitamin B6 (mg/kg BK)	6,2	0.4	90
Vitamin E (IU/kg)	20	10	50

Sumber: Welch, 2002.

Dalam upaya mengatasi malnutrisi diperlukan suatu pendekatan baru dengan kebijakan politik yang stabil, sesuai sosial infrastruktur dan investasi berkelanjutan. Usaha mengatasi malnutrisi yang memenuhi kriteria tersebut dan baru-baru ini dikembangkan adalah 'biofortifikasi' yaitu meningkatkan kandungan nutrisi mikro pada bagian yang dapat dimakan (Bouis, 1996). Tujuan biofortifikasi adalah untuk meningkatkan kandungan mikronutrien dari bagian tanaman yang dapat dimakan terutama pada tanaman pangan sehingga mengakibatkan asupan nutrisi mikro lebih tinggi. Tidak seperti fortifikasi ataupun suplementasi yang mengharuskan pembelian makanan yang diperkaya, biofortifikasi ditargetkan untuk daerah-daerah pedesaan yang memang kekurangan hara tertentu dan masyarakat mengkonsumsi langsung hasil tanaman tersebut sehingga tidak diperlukan pengeluaran tambahan untuk konsumsi tambahan ataupun pembelian bibit untuk penanaman berikutnya. Penelitian menunjukkan bahwa telah banyak dicoba usaha-usaha untuk meningkatkan kandungan nutrisi dalam tanaman dan layak dikembangkan kultivar-kultivar dengan kandungan nutrisi mikro yang lebih tinggi (Bouis, 2000).

Biofortifikasi melengkapi program-program lain dan merupakan sarana untuk memberikan nutrisi mikro langsung pada target yang membutuhkan (masyarakat yang paling rentan) dengan cara yang relatif murah dan biaya yang efektif yaitu dengan menggunakan intervensi pertanian yang berkelanjutan, memiliki cakupan yang luas dan sangat berkhasiat, terutama di daerah miskin di

dunia (Bouis 1996; Welch dan Graham, 2002; Welch 2002).

#### **Peningkatan Ketersediaan Nutrisi Mikro pada Tanaman sebagai Sumber Nutrisi Mikro bagi Manusia**

Sistem tanah-tanaman merupakan instrumen untuk memenuhi kebutuhan nutrisi manusia berdasarkan rantai makanan, dan perbaikan dalam sistem tanah-tanaman akan menghasilkan siklus nutrisi yang lebih baik serta akan memberikan kontribusi terhadap lingkungan yang lebih baik. Untuk mendapatkan nutrisi yang seimbang dan memadai maka peningkatkan kualitas pertanian sebagai bahan pangan sangat diperlukan, tanpa mengkaitkan antara pertanian dan nutrisi, untuk menghilangkan gangguan nutrisi mikro secara berkelanjutan tidak akan mungkin terjadi, dan "kelaparan tersembunyi" akan terus tumbuh terjadi dan melemahkan kekuatan serta stabilitas di dunia (Yang et. al., 2007). Peningkatan kualitas tanaman dengan meningkatkan kandungan nutrisi pada bagian yang dapat ditanam atau yang dikenal dengan biofortikasi dapat dilakukan melalui pendekatan agronomi (biofortifikasi agronomi) atau pemuliaan (biofortifikasi genetik) (Bouis, 1996; White dan Broadley, 2005).

Biofortifikasi genetik tampaknya menjadi pendekatan yang paling berkelanjutan dalam meningkatkan kandungan nutrisi mikro dalam butir biji. Biofortifikasi genetik dapat dilakukan melalui modifikasi genetik tanaman pangan untuk meningkatkan ketersediaan kandungan mikronutrien tanaman pangan pokok (misalnya, pemuliaan untuk efisiensi mikronutrien atau peningkatan ketersediaan mikronutrien dalam bagian-bagian yang dapat

dimakan) (Nestel et. al., 2006). Hal ini didasari atas penemuan-penemuan bahwa terdapat variasi genetik tentang kandungan nutrisi mikro, khususnya Zn dan Fe yang cukup tinggi antar species (tabel 3) yang dimungkinkan dapat digunakan sebagai bahan persilangan ataupun dimungkinkan untuk memperkaya satu tanaman dengan beberapa nutrisi mikro. Tanaman yang kaya nutrisi mikro sering memiliki hasil yang lebih tinggi daripada tanaman kurang nutrisi mikro di daerah kekurangan hara mikro karena kandungan hara mikro pada biji dapat meningkatkan vigor dan pertumbuhan bibit serta lebih tahan terhadap lingkungan yang kurang optimal dan penyakit. Pada tanaman diperkaya dengan mikronutrien, daya hidup dan kualitas nutrisi tanaman dapat ditingkatkan secara bersamaan dan karakteristik tanaman padi kaya nutrisi mikro yang dimanipulasi secara genetik relatif stabil di lingkungan yang berbeda (Welch 2002; Welch dan Graham, 2004).

Beberapa penelitian telah dihasilkan untuk meningkatkan efisiensi tanaman dalam memperoleh nutrisi mikro dari tanah dan dalam upaya untuk meningkatkan kandungan nutrisi mikro dalam tanaman, seperti pemindahan gen fitoferitin dari kedelai dan gen promoter endosperm padi dilaporkan meningkatkan kandungan Fe pada biji padi (Goto, 2002), adanya ekspresi gen feritin yang menghasilkan peningkatan kandungan Fe dan Zn dalam beras pada tanaman padi transgenik (Vasconcelos et. al., 2003), adanya kromosom yang terkait dengan penyerapan Zn efisiensi telah dilaporkan dalam gandum, rye dan beras (Yang dan Romheld, 1999), ataupun gen OsZIP4 yang merupakan Zn transporter yang diekspresikan dalam tunas dan akar, terutama pada sel floem, dan yang mungkin bertanggung jawab untuk translokasi Zn pada tanaman padi (Ishimaru et. al., 2005).

Tabel 2. Perbedaan genotip kandungan Fe dan Zn pada beberapa tanaman

Tanaman	Sampel	Kisaran kandungan mineral (mg/kg)		Reference
		Fe	Zn	
Padi	939	13,5-58,4	7,5-24,4	Graham et. al. (1999)
	238	2,32-30,65	8,66-96,71	Yang et. al. (1998)
	10	17,48 -24,86		Suwarto et. al. (2009)
Gandum	132	25,2-53,3	28,8-56,5	Monasterio and Graham (2000)
Jagung	47	24-74	4,5-37	Batten (1994)
	12	12,94-88,13	10,7-57	Wang (1999)
	126	13-160	11-95	Chavez et. al. (2000)
Cassava	162	3-48	4-18	Chavez et. al. (2000)

Sumber : Yang et. al. 2007.

Manipulasi genetik lain yang mungkin dapat dilakukan adalah melalui modifikasi genetik tanaman pangan untuk meningkatkan ketersediaan kandungan mikronutrien tanaman pangan pokok dengan meningkatkan zat promotor ataupun menurunkan zat inhibitor. Meningkatkan konsentrasi nutrisi mikro esensial dalam bagian tanaman yang dapat dimakan hanya merupakan langkah awal penyediaan sumber makanan yang kaya nutrisi untuk manusia. Hal ini karena tidak semua nutrisi mikro esensial dalam bagian tanaman yang dapat dimakan tersedia untuk manusia. Tanaman dapat mengandung zat antinutrients yang mengganggu penyerapan

atau pemanfaatan nutrisi pada manusia atau zat lain, zat promotor, yang dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi mikro. Banyak dari senyawa tersebut (antinutrients dan promotor: tabel 3 dan tabel 4) merupakan metabolit normal tanaman dan perubahan dalam konsentrasi yang kecil mungkin memiliki pengaruh yang signifikan terhadap bioavailabilitas yaitu jumlah nutrisi yang potensial tersedia untuk penyerapan dari makan dan sekali diserap dan dapat dipakai untuk proses metabolisme dalam tubuh (Welch dan Graham, 1999; Welch, 2002, Welch, 2008).

Tabel 3. Beberapa senyawa antinutrient yang menurunkan ketersediaan nutrisi mikro

Senyawa	Penghambat	Sumber
Asam Phytat atau phitin	Fe, Zn, Cu, Ni	Kacang-kacangan dan biji-bijian
Serat (selulose, hemiselulose, suberin)	Fe, Zn, Cu	Gandum, beras, jagung, barley
Tanin dan polyphenolic	Fe	Teh, kopi, kacang-kacangan, sorgum
Hemeglutinin (mis lectin)	Fe	Sebagian kacang-kacangan, gandum
Goitrogens	I	Brassica dan allium
Heavy metal (Cd, Hg, Pb)	Fe, Zn	Sayuran terkontaminasi

Sumber: Welch (2008).

Tabel 4. Beberapa senyawa promotor yang meningkatkan ketersediaan nutrisi mikro

Senyawa	Pemacu	Sumber
Asam organik (as, askorbat, fumarat, malate, citrate)	Fe, dan atau Zn	Buah dan sayuran
Hemoglobin	Fe	Daging
Asam amino (metionin, sistein,)	Fe, Zn	daging
Asam lemak rantai panjang (mis: Palmitat)	Zn	Asi
Se	I	Seafood, kacang
$\beta$ -caroten	Fe	Sayuran (hijau dan oranye)
Inulin dan prebiotik	Fe, Zn	Bawang, gandum

Sumber: Welch (2008).

Di Indonesia, melalui penelitian biofortifikasi genetik yang intensif untuk meningkatkan kandungan besi dan seng pada padi di Indonesia telah dihasilkan beberapa galur padi yang berkadar besi dan seng tinggi pada beras giling diantaranya adalah BP9458F-21-1-4-B, BP9458F-36-8-B, dan BP9258F-19-1-3-B. Rata-rata kisaran kandungan seng berturut-turut 25,7-31,6 ppm, 25,3-30,4 ppm, dan 25,0-30,4 ppm. Galur-galur tersebut dapat dilepas sebagai salah satu varietas padi kaya besi dan seng pada tahun 2009 (Indrasari et. al., 2007)

Pendekatan pemuliaan adalah suatu proses jangka panjang yang memerlukan upaya yang cukup besar dan sumber daya. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan jangka pendek untuk meningkatkan konsentrasi nutrisi mikro dalam tanaman yaitu dengan biofortifikasi agronomi.

Ada banyak cara pertanian modern yang dapat memberikan kontribusi untuk meningkatkan output nutrisi mikro dalam tanaman pangan (terutama dalam bentuk biji-bijian) dari sistem pertanian dalam rangka memenuhi kebutuhan manusia yaitu melalui (1) Pemilihan lokasi tanam (misalnya, mengidentifikasi jenis tanah dengan tingkat yang ketersediaan Zn dan Se yang relatif tinggi), (2) dengan praktek-praktek dan manajemen agronomi, seperti a) penggunaan berbagai jenis dan dosis pupuk makro, yang akan mempengaruhi tingkat protein, lemak, vitamin, antinutrients, dll, b) penggunaan

pupuk mikro (jenis, metode aplikasi dan dosis), hal ini terbukti efektif untuk Zn, Mo, Ni, Se, Cl, Li, I, namun terbatas efektivitas untuk Fe, Cu, Mn, B, Cr, dan V, (3) Diversifikasi sistem tanam, dengan rotasi-legum-sereal, seleksi varietas kaya nutrisi mikro ataupun peningkatan produksi buah-buahan, sayuran, dan biji legum yang dimakan. (4). Memanfaatkan tanaman pangan tradisional yang kaya nutrisi mikro (Welch, 2004).

Pemupukan baik dengan makro maupun mikro tertentu (seperti, Zn, Ni, I, Co, Mo dan Se) dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap akumulasi nutrisi dalam produk tanaman yang dapat dimakan. Misalnya, peningkatan penyediaan Zn dan Se pada gandum (*Triticum aestivum* L.) meningkatkan jumlah bioavailabilitas Zn dan Se pada biji gandum (House dan Welch, 1989). Pemupukan Zn juga telah menunjukkan adanya peningkatan ketersediaan Zn pada *Phaseolus vulgaris* L. serta tanaman lain (Moraghan, 1994). Pemupukan nitrogen pada padi dengan 0; 0,50; 1,00 dan 1,50 g N/ pot, yang dilakukan di rumah kaca, meningkatkan kandungan Fe pada beras (Zhang, 2008). Yodium, yang disertakan dalam air irigasi, dapat meningkatkan kandungan I pada bagian yang dapat dimakan dari tanaman pangan, mengurangi kretinisme, serta gangguan kekurangan I lainnya pada populasi yang tergantung pada tanaman pangan dengan pengairan irigasi yang ditanam di tanah rendah

I (Cao et. al., 1994). Beberapa hasil penelitian pemupukan lain juga menunjukkan adanya peningkatan kandungan Zn pada tanaman seperti disajikan pada tabel 5.

Apabila varietas-varietas kaya nutrisi mikro tersebut dapat tersebar secara luas, maka tanpa campur tangan pemerintah yang terlalu banyak, masyarakat akan banyak yang mengkonsumsi tanaman kaya nutrisi mikro tersebut dan defisiensi nutrisi mikro dapat dikurangi (Indradewa, 2007). Namun demikian, agar varietas-varietas tersebut dapat diterima baik oleh produsen maupun

konsumen, tanaman kaya nutrisi harus memenuhi persyaratan anantara lain (1) hasil tanaman harus tetap atau lebih tinggi dari varietas sebelumnya, (2) peningkatan kandungan nutrisi mikro harus berpengaruh nyata terhadap kesehatan manusia, (3) sifat kandungan nutrisi mikro harus cukup stabil di berbagai kondisi iklim dan tanah, (4) ketersediaan biologis nutrisi mikro di dalam tanaman atau varitas baru dapat meningkatkan status nutrisi mikro pada masyarakat, (5) rasa dapat diterima (Welch dan Graham, 2004).

Tabel 5. Beberapa hasil penelitian pemupukan makro maupun mikro terhadap kandungan nutrisi mikro pada tanaman

Perlakuan	Hasil	Reference
Pemupukan Zn (0-3,2 (mg/kg tanah) pada gandum	Pemupukan sampai 0.8 Zn : meningkatkan hasil (g/tan) sampai 60 % Pemupukan sampai 3.2 Zn: meningkatkan kandungan Zn biji sampai 93%	Rengel et. al.. (1999)
Pemupukan Urea-Zn pada padi aromatik (0.5-3% ZEU/1,3 – 7,8 kg/ha) (Perc lapang)	meningkatkan hasil (g/tan) sampai 8,5 - 18,7 %, meningkatkan kandungan Zn biji sampai 35,7%	Shivay et. al., 2008
Pemupukan makro dan mikro pada gandum (NPK+MnSO <sub>4</sub> , NPK+FeSO <sub>4</sub> , NPK + ZnSO <sub>4</sub> (Perc lapang)	meningkatkan kandungan: Fe biji 65,8%; 7%; 14,7 % Mn: 31,2%;22,16%;15,1% Zn: 18,5%;53,3%, aplikasi dgn Mn menurunkan Zn	Zeidan et. al., 2010
Aplikasi Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> (0; 5,6 ; dan 20 g Se/ha) pada Brassica (Perc lapang)	Akumulasi pada biji: 1,92 – 1,96 µg Se/g	Seppanen et. al., 2010

## KESIMPULAN

Masalah kekurangan nutrisi masih menjadi salah satu masalah besar bagi sebagian besar negara berkembang termasuk Indonesia. Salah satu penyebab kekurangan nutrisi mikro adalah karena disfungsi sistem pangan yang tidak dapat memberikan nutrisi mikro yang cukup untuk memenuhi kebutuhan nutrisi mikro secara terus-menerus. Manusia bergantung pada tanaman pokok sebagai konsumsi utama, maka usaha untuk mengatasi kekurangan nutrisi mikro dapat dilakukan dengan meningkatkan kandungan nutrisi pada tanaman tersebut, yaitu melalui biofortifikasi baik biofortifikasi genetik maupun biofortifikasi agronomi sehingga kandungan nutrisi mikro dalam tanaman meningkat tanpa berdampak negatif bagi produktivitas tanaman dan merupakan usaha untuk menanggulangi kekurangan nutrisi mikro yang berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. Investing in the future: a united call to action on vitamin and mineral deficiencies. [www.unitedcalltoaction.org/download](http://www.unitedcalltoaction.org/download) 12 Maret 2011.
- Anonim. 2010. Dietary supplement fact sheet. <http://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/>. download 26 Maret 2011.
- Anonim. 2011. Kelaparan tersembunyi masih mengancam. <http://health.kompas.com/download> 12 Maret 2011.
- Arifin Zainal. 2008. Beberapa unsur mineral esensial mikro dalam sistem biologi dan metode analisisnya. *Jurnal Litbang Pertanian* 27(3): 99-105.
- Atmarita. 2005. Nutrition problems in indonesia. an integrated international seminar and workshop on lifestyle – related diseases. Gajah Mada University, 19 – 20 March, 2005. Yogyakarta.

- Benoist B. de, E. McLean, M. Andersson, and L. Rogers. 2008. Iodine deficiency in 2007: Global progress since 2003. *Food and Nutrition Bulletin* 29(3):165-202.
- Bouis H. E. and R. M Welch. 2010. Biofortification-a sustainable agricultural strategy for reducing micronutrient malnutrition in the Global South. *Crop Science*, 50: March–April 2010
- Bouis, H. E. 1996. Enrichment of food staples through plant breeding: A new strategy for fighting micronutrient malnutrition. *Nutrition Reviews* 54:131–137.
- Cakman, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification?. *Plant and Soil* 302:1-17
- Cao, X. Y., Jiang, X. M., Kareem, A., Dou, Z. H., Rakeman, M. R., Zhang, M. L. 1994. Iodination of irrigation water as a method of supplying iodine to a severely iodine-deficient population in xinjiang, China. *Lancet* 344: 107–110.
- Fairweather-Tait, S and R. F. Hurrell. 1996. Bioavailability of minerals and trace elements nutrition. *Research Reviews* 9: 295-324.
- Frossard, E., M. Bucher, F. Machler, A. Mozafa and R. Hurrell. 2000. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 861-879.
- Gillespie, S.R. 1998. Major issues in the control of iron deficiency. The micronutrient initiative. Unicef. Canada.
- Goto F, T. Yoshihara, N. Shigemoto, S. Toki Takaiwa F. 1999. Iron fortification of rice seed by the soybean ferritin gene. *Nat Biotechnol.* 17:282–286.
- Graham, R.D. and Welch, R.M. 2000. Plant food micronutrient composition and human nutrition. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 31:1627–1640.
- House, W. A., and Welch, R. M. 1989. Bioavailability of and interactions between zinc and selenium in rats fed wheat grain intrinsically labeled with <sup>65</sup>Zn and <sup>75</sup>Se. *Journal of Nutrition*, 119: 916–921.
- Inradewa D, 2007. Peran pertanian dalam menanggulangi defisiensi nutrisi mikro di masyarakat. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Ppda Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Indrasari S. D., P. Wibowo; A, A, Daradjat. 2008. Kandungan mineral beral varietas unggul baru. *Prosiding Seminar Nasional Padi 2008*. Sukamandi.
- Ishimaru, Y., M. Suzuki, T. Tsukamoto, K. Suzuki, M. Nakazono, T. Kobayashi, Y. Wada, S. Watanabe, S. Matsuhashi, M. Takahashi, H. Nakanishi, S. Mori and N.K. Nishizawa. 2006. Rice plants take up iron as an Fe<sup>3+</sup>-phytosiderophore and as Fe<sup>2+</sup>. *Plant Journal* 45: 335–346.
- Kurniawan, A., 2007. Kebijakan penanggulangan masalah defisiensi Seng (Zn) di Indonesia. Siti Madaniyah Palupi, Nur Heni Sri [ed.]. *Penanggulangan Masalah defisiensi seng (Zn) : from farm to table*. *Prosiding seminar nasional penanggulangan masalah defisiensi Seng (Zn) : from farm to table*, Bogor, IPB.
- Lonnerdal, B. 1998. Iron-Zinc-Copper interactions, in micronutrient interactions: impact on child health and nutrition, Washington, D.C, July 29-30. 1996. ILSI Press.
- Moraghan, J. T. 1994. Accumulation of zinc, phosphorus, and magnesium by navy bean seed. *Journal of Plant Nutrition* 17: 1111–1125.
- Poletti, S., Gruissem, W., & Sautter, C. 2004. The nutritional fortification of cereals. *Current Opinion in Biotechnology* 15:162-165.
- Prasad, A.S. 1991. Discovery of human zinc deficiency and studies in an experimental human model. *Am.J.Clin Nutr* 53:403-412.
- Rayman. 2008. Food-chain Selenium and human health:emphases on intake. *Br J Nutr* 100:254-268.
- Rengel, Z., G. D. Batten, D. E. Crowley, D. E. 1999. Agronomic approaches for improving the micronutrient density of edible portions of field crops. *Field Crops Research*, 60: 27–40.

- Seppanen M.M, J. Kontturi J, I.L. Heras, Y. Madrid , C. Camara and Hartikainen. 2010. Agronomic biofortification of Brassica with selenium-enrichment of Semet and its identification in Brassica seeds and meal. *Plant and Soil* 337:273-283.
- Shivay Y S, D Kumar, R Prasad. 2008. Effect of Zinc –enriched urea on productivity, zinc uptake and efficiency of an aromatic rice-wheat cropping system. *Nutr Cycl Agroecosyst* 81: 229-243.
- Singh M.V. 2009. Micronutrient nutritional problems in soil of India and improvement for human and animal health. *Indian. J. Fert.* 5(4):11-16,19-26 & 56.
- Stein A J. 2010. Global Impact of human mineral malnutrition. *Plant and Soil* 335: 133-154.
- Sudirman H. 2008. Tantangan litbang lintas disiplin dalam penanggulangan masalah kemiskinan, kelaparan dan gizi kurang di Indonesia. Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Gizi Masyarakat. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Departemen Kesehatan RI, Jakarta.
- Suwarto, Nasrullah, Taryono, E. Sulistyaningsi. 2009. Variabilitas tingkat keterserapan Fe beras antar varietas padi. *Jurnal Pembangunan Pedesaan* 9 (1):57-62.
- Syarief, H. 1997. Membangun SDM berkualitas. Suatu telaahan gizi masyarakat dan sumber daya keluarga. IPB. Bogor.
- Syarief, H. 2004. Masalah gizi di Indonesia: Kondisi gizi masyarakat memprihatinkan. <http://www.gizi.net/cgi-bin/berita/>, download 29 April 2011.
- Vasconceios, M., K. Datta, M. Khalekuzzaman, L.Torrizo, S. Krishnan, M. Oliveira, F. Goto and S. K. Datta. 2003. Enhanced iron and zinc accumulation with transgenic rice with the ferritin gene. *Plant Science*,164, 371–378.
- Welch, R. M. 2002. The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. *Plant and Soil* 247: 83–90.
- Welch, R. M. 2004. Link between the application micronutrients to crops and human health. IFA International Symposium on Micronutrient. 23-25 February 2004. India.
- Welch, R. M. 2008. Linkages between trace elements in food crops and human health. In micronutrient deficiencies in global crop production. Pages : 287-309. B.J. Alloway (ed.) Springer Science.
- Welch, R. M. and R. D. Graham. 2004. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *Journal of Experimental Botany*, 55(396):353-364.
- Welch, R. M. and R.D Graham. 1999. A new paradigm for world agriculture: meeting human needs Productive, sustainable, nutritious. *Field Crops Research* 60 :1-10
- Welch, R. M.and R. D. Graham. 2002. Breeding crops for enhanced micronutrient content. *Plant Soil* 245:205–214.
- Welch, R.M.and R.D. Graham. Agriculture: the nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. 2005 *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18: 299–307
- White P.J and M.R. Broadley. 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends in Plant Science* 10(12):586-593.
- WHO. 1999. Malnutrition worldwide. [http://www.who.int/nut/malnutrition\\_worldwide.htm](http://www.who.int/nut/malnutrition_worldwide.htm), 1–13. World Health Organization, Geneva.
- Yang , X. E., and V. Römheld. 1999. Physiological and genetic aspects of micronutrient uptake by higher plants. In Nielsen (Ed.), *Genetics and molecular biology of plant nutrition* : pp.151–186. Kluwer Acad. Publ.
- Yang X.E, W.R. Chen, Y Feng. 2007. Improving human micronutrient nutrition through biofortification in the soil-plant system: China as a case study. *Environ Geochem Health* 29: 413-228.
- Zeidan M. S, M F. Mohamed and H.A. Hamouda. 2010. Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat

yield and quality in low sandy soils fertility. *World Journal of Agricultural Sciences* 6 (6): 696-699.

Zhang J, L. H. Wu and M. Y. Wang. 2008. Iron and zinc biofortification in polished

rice and accumulation in rice plant (*Oryza sativa* L.) as affected by nitrogen fertilization. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 58: 267-272.