

PERAN KONSERVASI DAN KARAKTERISASI PLASMA NUTFAH PADI BERAS MERAH DALAM PEMULIAAN TANAMAN

Role of Conservation and Characterization of Genetic Resources of Red Rice in Plant Breeding

Higa Afza

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian
 Jalan Tentara Pelajar No. 3A, Bogor 16111, Indonesia
 Telp. (0251) 8337975, 8339793, Faks. (0251) 8338820
 E-mail: surauawak@yahoo.com; bb-biogen@litbang.pertanian.go.id

Diterima: 23 November 2015; Direvisi: 14 Juli 2016; Disetujui: 26 Juli 2016

ABSTRAK

Karakteristik padi beras merah yang memiliki umur dalam (lebih dari 134 hari) dan postur tanaman yang tinggi (rata-rata 164 cm) menyebabkan preferensi petani untuk membudidayakan padi beras merah cenderung menurun. Menurut hasil penelitian, beras merah mengandung antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beras putih serta dianjurkan untuk diet gula. Saat ini hanya sebagian kecil plasma nutfah padi beras merah yang ditanam secara luas untuk memenuhi kebutuhan, khususnya kalangan masyarakat yang makin menyadari keutamaan kandungan gizi beras merah. Sementara sebagian besar plasma nutfah padi beras merah tidak ditanam secara terus-menerus sehingga akan mengalami erosi genetik. Oleh karena itu, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian sebagai lembaga yang memiliki mandat pelestarian tanaman pangan, terus melakukan konservasi *ex-situ*. Hingga kini 54 varietas/galur padi beras merah telah dikumpulkan melalui eksplorasi dari hampir seluruh daerah di Indonesia dan telah dikarakterisasi. Dengan adanya keragaman genetik padi beras merah yang berasal dari berbagai daerah di tanah air, diharapkan program pemuliaan tanaman dapat berjalan sesuai dengan tujuan.

Kata kunci: Padi beras merah, konservasi, karakterisasi, pemuliaan tanaman, plasma nutfah

ABSTRACT

The long duration of cultivation of local red rice (more than 134 days) and its tall stem (average above 164 cm) led to a decline of farmers' preferences to grow red rice. In fact, based on research, red rice demonstrated anti-oxidants higher than that of white rice and good for glucose dietary. Currently only a small portion of red rice are grown extensively to meet the consumption needs of the community that increasingly aware the superiority of red rice. While the majority of red rice varieties which are not constantly planted would be threatened by genetic erosion. Indonesian Center for Agricultural Biotechnology and Genetic Resources Research and Development has mandate for ex situ preservation of food crops, including red rice. Until now, a total of 54 varieties have been collected through exploration in almost all regions in Indonesia.

Broad plant genetic diversity conserved will contribute to plant breeding program.

Keywords: Red rice, conservation, characterization, plant breeding, genetic resource

PENDAHULUAN

Padi merupakan tanaman penghasil bahan makanan pokok di berbagai negara. Dalam upaya mengembangkan tanaman padi, Lembaga Penelitian Padi Internasional (IRRI) melestarikan lebih dari 106.800 aksesori padi dalam Bank Gen IRRI di Filipina (De Guzman 2012). Secara garis besar, ada tiga jenis warna beras, yaitu beras merah (*red rice*), beras hitam (*black rice*), dan beras putih (*white rice*), tetapi sebagian besar beras yang dikonsumsi ialah beras putih (Chaudhary 2003). Keragaman warna beras bergantung pada pigmen warna, khususnya antosianin pada lapisan perikarp, kulit biji (*seed coat*) atau aleuron.

Padi beras merah jarang dibudidayakan petani di Indonesia karena umurnya panjang (rata-rata 134 hari) dan morfologi tanamannya tinggi (rata-rata 164 cm) sehingga mudah rebah (Silitonga 2015). Beras merah juga jarang dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia, padahal selain sebagai sumber karbohidrat, beras merah merupakan pakan fungsional karena mengandung antosianin, suatu senyawa antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas. Beras merah merupakan makanan pokok yang paling populer di Eropa, bahkan lebih populer dibandingkan dengan di daerah asalnya, yaitu Asia Tenggara (Simmons dan Williams 1997). Kementerian Kesehatan RI melaporkan beras merah tumbuk mengandung protein 7,3%, besi 4,2%, dan vitamin B1 0,34%. Beras merah juga mengandung karbohidrat, lemak, serat, asam folat, magnesium, niasin, fosfor, vitamin A dan C. Tepung beras merah pecah kulit dapat mencegah berbagai penyakit, di antaranya kanker usus, batu ginjal,

beri-beri, insomnia, sembelit, wasir, gula darah, dan kolesterol (Suardi 2005b). Beras merah memiliki gluten rendah sehingga beras merah dapat digunakan sebagai pengganti beras putih bagi yang sedang diet gula (Revenue dan Customs 2012). Oleh karena itu, sosialisasi manfaat beras merah bagi kesehatan dan upaya pengembangannya perlu digencarkan.

Di habitat aslinya, aksesori padi beras merah lokal saat ini makin jarang ditemukan. Hampir seluruh petani menanam padi varietas baru termasuk padi hibrida, hanya sebagian kecil yang membudidayakan padi beras merah lokal. Akibatnya, keberadaan padi beras merah lokal semakin langka, bahkan hampir punah (Kristantini 2009b).

Pada umumnya padi beras merah memiliki kedekatan genetik (kekerabatan) dengan spesies padi liar (Cai dan Morishima 2002). Beberapa karakter spesies padi liar yang dimiliki padi beras merah antara lain adalah morfologi tanaman yang bersifat serak, daun dan biji berbulu, postur tanaman tinggi, gabah mudah rontok dan memiliki masa dormansi, serta batang kecil dan mudah rebah. Karakter-karakter tersebut sering kali menjadi kendala dalam budi daya padi beras merah. Akibatnya, varietas padi beras merah lokal terancam punah atau mengalami erosi genetik karena kalah populer dengan varietas unggul padi yang lebih menguntungkan petani.

Untuk mengantisipasi ancaman erosi genetik dan kepunahan, koleksi dan konservasi penting dilakukan guna menjaga kelestarian varietas lokal padi beras merah. Hingga saat ini terdapat sekitar 54 varietas lokal padi beras merah hasil eksplorasi yang dikoleksi di Bank Gen Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian (BB Biogen) (Tabel 1).

Alasan utama mengoleksi plasma nutfah suatu spesies dari suatu daerah ialah untuk mengantisipasi erosi genetik atau kepunahan (FAO 2014). Petani tradisional bercocok tanam sesuai dengan keterampilan mereka dan mengembangkan sumber daya yang mereka butuhkan. Prosesnya diawali dengan domestikasi spesies liar yang diikuti dengan seleksi dan akhirnya diperoleh jenis yang sesuai dengan keinginan (Tripp dan van der Heide 1996).

Sejalan dengan berkembangnya teknologi di bidang pertanian, penemuan kultivar baru padi berkembang dengan pesat. Sifat-sifat unggul tanaman padi seperti daya hasil tinggi, tahan penyakit, toleran kekeringan, dan berbagai keunggulan lainnya telah dimiliki oleh kultivar padi modern. Peningkatan produktivitas menjadi salah satu tujuan utama dalam program pemuliaan tanaman, termasuk padi. Dengan menggunakan teknologi konvensional dan teknologi modern (bioteknologi), pemulia tanaman dapat menghasilkan varietas padi yang posturnya pendek, padi tipe baru, dan padi hibrida (Khan *et al.* 2015). Hal ini merupakan paradoks karena di satu sisi keberhasilan ini dapat mengancam keragaman sumber daya genetik padi lokal dan menimbulkan erosi genetik karena petani makin jarang membudidayakan padi lokal.

EROSI GENETIK

Erosi genetik disebabkan oleh sejumlah faktor (FAO 2014). *Pertama*, perubahan pertanian. Beraneka jenis varietas lokal terancam oleh kegiatan penyeragaman melalui pengembangan varietas modern. Demikian pula tanaman pangan lokal penting akan hilang ketika digantikan oleh tanaman lain yang lebih menguntungkan dan cepat dipanen. *Kedua*, perubahan sosial ekonomi. Penduduk pedesaan meninggalkan pertanian dan berpindah ke kegiatan nonpertanian di kota. Demikian pula perang dan kerusuhan sipil menyebabkan masyarakat yang tadinya mengembangkan dan mempertahankan *landraces*, atau mengelola hutan dan padang penggembalaan akhirnya meninggalkan pelestarian plasma nutfah tanaman tertentu. *Ketiga*, eksploitasi berlebihan. Berbagai spesies tanaman pangan hilang akibat penggembalaan ternak yang berlebihan dan pemanenan yang tidak terkendali dari alam (misalnya tanaman obat, jenis kayu). Eksploitasi berlebihan dapat mengakibatkan hilangnya spesies, bahkan merusak habitat. *Keempat*, habitat tanaman rusak akibat perluasan perkotaan, pembukaan lahan, pembangunan bendungan dan jalan, dan eksploitasi berlebihan. *Kelima*, adanya pesaing berupa predator, hama dan penyakit yang dapat membahayakan kelangsungan hidup tanaman. *Keenam*, bencana alam misalnya kekeringan, banjir, wabah penyakit, dan polusi industri.

Kegiatan pengoleksian dan pengelolaan plasma nutfah serta pemuliaan tanaman merupakan kegiatan terpadu dan harus berjalan secara bersamaan dan bersinergi. Plasma nutfah padi beras merah lokal merupakan sumber daya genetik yang harus dilestarikan karena membawa sifat-sifat penting yang bermanfaat dalam program pemuliaan tanaman.

KOLEKSI TERPUSAT

Program koleksi tanaman secara terpusat merupakan kegiatan yang direncanakan dari pusat dan dilaksanakan oleh lembaga formal seperti badan nasional atau pusat penelitian pertanian internasional. Program ini biasanya terfokus pada spesies tanaman pangan utama dan kerabat liarnya (FAO 2014). Kegiatan koleksi tanaman dilaksanakan secara sistematis dengan mengumpulkan beraneka ragam tanaman dari suatu wilayah. Kegiatan pengumpulan umumnya berdurasi pendek dan mencakup daerah yang luas sehingga kunjungan untuk kegiatan pengumpulan hanya dilaksanakan sekali. Para ahli tanaman pangan sering didatangkan dari luar negeri dan untuk evaluasi selanjutnya dilakukan di laboratorium balai penelitian. Pendekatan terpusat dalam pengumpulan sumber daya genetik ini berhasil mengumpulkan ribuan sampel plasma nutfah tanaman di seluruh dunia.

Kegiatan koleksi tanaman secara terpusat sangat mahal dari segi sumber daya manusia, waktu dan biaya.

Tabel 1. Spesies padi lokal beras merah yang dikonservasi di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor.

No. aksesii	Nama aksesii	Kabupaten	Provinsi
12742	Si Geupai	Aceh Timur	Nanggro Aceh Darussalam
4245	Siredep	Tapanuli Selatan	Sumatera Utara
12052	Cempo	Deli Serdang	Sumatera Utara
13143	Sinarichi	Nias	Sumatera Utara
13217	Ramur	50 Koto	Sumatera Barat
14865	Pulut Bonai	Sawahlunto	Sumatera Barat
5562	Buruh Bakul	Indragiri Hilir	Riau
5566	Rumbai	Indragiri Hilir	Riau
6202	Atjeh	Kampar	Riau
6371	Si Lumut Sere	Kampar	Riau
5168	Kapur	Bangka	Sumatera Selatan
6745	Selema	Lampung Utara	Lampung
11720	Mujair	Lampung Utara	Lampung
19112	Kn 1b-361-blk-13-6	Kuningan	Jawa Barat
19114	Kn 1b-361-8-6-9-4-7	Kuningan	Jawa Barat
5306	Ribon	Cianjur	Jawa Barat
5310	Hawara Bogor	Cianjur	Jawa Barat
5313	Sentral	Cianjur	Jawa Barat
5315	Bunar	Cianjur	Jawa Barat
5330	Sari Kuning	Tasikmalaya	Jawa Barat
5334	Angkong	Subang	Jawa Barat
5377	Fadjar	Sumedang	Jawa Barat
5397	Aban	Bogor	Jawa Barat
5462	Tjempo Peuteuj	Majalengka	Jawa Barat
5477	Baot	Majalengka	Jawa Barat
5492	Gojot	Ciamis	Jawa Barat
5624	Balap Putih	Subang	Jawa Barat
5821	Badigul	Sukabumi	Jawa Barat
7224	Makmur	Subang	Jawa Barat
06244a	Menur	Subang	Jawa Barat
14969	Odeng	Cianjur	Jawa Barat
12311	Gajih		Jawa Tengah
14984	Jerai		Jawa Tengah
4225	Hoing	Banyuwangi	Jawa Timur
4256	Major	Malang	Jawa Timur
5632	Makmur	Surabaya	Jawa Timur
5637	Gendangan Lulut	Surabaya	Jawa Timur
6151	Mantja Sumbawa	Bima	Nusa Tenggara Barat
12987	Beton	Lombok Tengah	Nusa Tenggara Barat
14915	Dendak	Sumbawa	Nusa Tenggara Barat
6517	Padi Putih/Aen Tinuan	Timor Tengah Selatan	Nusa Tenggara Timur
4286	Umbang Karamanting	Kotawaringi Timur	Kalimantan Tengah
6304	Sitopas	Hulu Sungai Utara	Kalimantan Selatan
6447	Lakatan Aban	Hulu Sungai Selatan	Kalimantan Selatan
4305	Baliman Putih	Banjarmasin	Kalimantan Selatan
4310	Biduin	Banjarmasin	Kalimantan Selatan
4311	Randah Palag	Banjarmasin	Kalimantan Selatan
4324	Siam Parupuk	Banjarmasin	Kalimantan Selatan
4325	Raden Rata	Banjarmasin	Kalimantan Selatan
7254	Iden	Monggodow	Sulawesi Utara
04344a	Kalengkere	Bantaeng	Sulawesi Selatan
4361	Pulu Palappa	Pinrang	Sulawesi Selatan
4491	Sarakasa	Donggalai	Sulawesi Tenggara
15005	Banda		Sulawesi Selatan

Sumber: Silitonga (2015).

Sebuah tim yang lengkap termasuk tenaga profesional harus mengunjungi tempat-tempat yang jauh dan sering kali sulit dicapai sehingga memerlukan waktu lama. Selain masalah waktu, tenaga dan dana, juga terdapat kesulitan

dari segi logistik dalam melakukan kegiatan koleksi pada kurun waktu yang sempit.

Untuk alasan ini, kegiatan dapat memakan waktu bertahun-tahun sampai diperoleh sampel tanaman yang memadai dari suatu wilayah.

Pada pengumpulan tanaman pangan secara konvensional, kunjungan berulang ke suatu daerah relatif jarang dilakukan karena biaya yang dibutuhkan cukup besar, di samping perlu mengunjungi daerah lain yang belum dijelajahi. Akibatnya, keragaman genetik di suatu daerah dapat terlewatkan atau hilang karena variasi yang sangat besar dalam waktu berbunga dan panen. Dengan mempertimbangkan laju erosi genetik, pelestarian oleh *stakeholder* secara formal maupun nonformal semakin penting. Teknik pengumpulan materi tanaman mulai bergeser dari pengumpulan terpusat menjadi pengumpulan dengan pendekatan program desentralisasi koleksi sumber daya genetik (FAO 2014).

KOLEKSI DAN PEMANFAATAN PLASMA NUTFAH PADI BERAS MERAH DI BB BIOGEN

BB Biogen merupakan lembaga penelitian yang memiliki tugas antara lain melakukan pengumpulan aksesori tanaman secara terpusat dan pengelolaan plasma nutfah padi di Indonesia. Koleksi sumber daya genetik padi terdiri atas varietas lokal, varietas unggul, galur-galur elit, dan galur introduksi. Koleksi padi meliputi padi sawah, padi gogo, serta padi rawa dan pasang surut yang dikumpulkan dari seluruh provinsi di Indonesia (Silitonga dan Risliawati 2011).

Sampai akhir tahun 2015, sebanyak 4.116 aksesori padi telah dikoleksi di BB Biogen. Di antara 4.116 aksesori tersebut, 54 aksesori diidentifikasi memiliki lapisan kulit luar (aleurone) yang berwarna merah. Aksesori padi beras merah lokal diperoleh melalui eksplorasi ke berbagai wilayah di Indonesia. Pada Tabel 1 dapat dilihat daerah asal pengumpulan spesies padi merah lokal di BB Biogen, termasuk aksesori yang telah dipublikasikan oleh Thomson *et al.* (2009).

Hampir separuh aksesori padi yang dikoleksi di Bank Gen BB Biogen memiliki ukuran gabah panjang, dengan rasio lebih dari 3 (Tabel 2). Aksesori Mantja Sumbawa yang termasuk golongan javanika/bulu, misalnya, memiliki ukuran gabah panjang (Gambar 1). Butir gabah dikategorikan panjang jika panjangnya lebih dari tiga kali lebarnya. Beras butir panjang umumnya memiliki kandungan amilosa 19–23% dan setelah dimasak menghasilkan nasi yang bertekstur pera atau tidak lengket. Panjang butir gabah bervariasi antara 7–9 mm. Sebagian besar padi beras panjang dikembangkan dari jenis padi *Oryza sativa* var. *indica*, seperti beras basmati dari India. Keuntungan gabah panjang dibandingkan dengan gabah pendek yaitu ketika dimasak cenderung menghasilkan nasi dengan penampilan lebih baik. Beras berbulir panjang juga lebih beraroma daripada beras berbulir lebih pendek (Anonymous 2014b).

Beras gabah sedang memiliki panjang antara 2,1 hingga 2,9 kali dari lebarnya. Butir beras sedang umumnya memiliki kandungan amilosa 16–18% dan setelah dimasak

menghasilkan nasi yang pulen. Gabah ukuran sedang dari aksesori Sitopas dari Medan dapat dilihat pada Gambar 2.

Gabah yang memiliki panjang kurang dari dua kali lebarnya digolongkan sebagai gabah pendek. Beras pendek umumnya memiliki kualitas masakan dan kandungan amilosa yang mirip dengan beras ukuran sedang (Gambar 3). Beras jenis ini biasa digunakan untuk membuat sushi sehingga beberapa sumber menyebutnya nasi sushi (Champagne 2010).

Plasma nutfah merupakan sumber daya genetik yang membawa sifat-sifat penting dan potensial yang diperlukan dalam program pemuliaan tanaman. Sinergi antara pengelolaan plasma nutfah dengan program pemuliaan merupakan satu kebutuhan dengan tujuan yang sama, karena pemuliaan memerlukan dukungan ketersediaan plasma nutfah (Cooper *et al.* 2001).

Menurut Sumarno dan Zuraida (2008), keterkaitan antara pengelolaan plasma nutfah dengan program pemuliaan tanaman dapat dilaksanakan melalui 1) pemanfaatan langsung aksesori plasma nutfah elit untuk dilepas sebagai varietas unggul, 2) pemurnian dan pematapan populasi aksesori plasma nutfah sebagai calon varietas, 3) pemanfaatan aksesori plasma nutfah sebagai donor gen untuk rekombinasi gen-gen unggul adaptif, 4) plasma nutfah sebagai donor gen spesifik, 5) plasma nutfah sebagai bahan perluasan latar belakang genetik varietas melalui proses introgresi dan mobilisasi, 6) pemanfaatan plasma nutfah untuk perbaikan genetik populasi seleksi, dan 7) pembentukan populasi dasar yang mengandung keragaman genetik yang luas melalui persilangan banyak tetua. Dari 54 aksesori padi beras merah yang dikoleksi BB Biogen, sebagian besar merupakan padi sawah (46 aksesori), sementara padi pasang surut tujuh aksesori dan padi gogo satu aksesori. Data agroekosistem padi beras merah disajikan pada Tabel 3.

VARIETAS DAN GALUR HARAPAN PADI BERAS MERAH

Sampai tahun 2005, varietas padi yang dihasilkan di Indonesia mencapai 180 varietas. Dari semua varietas tersebut, hanya ada satu varietas padi beras merah, yaitu Bahbutong. Namun, varietas ini kurang berkembang dan tidak banyak dibudidayakan petani (Suardi 2005a). Setelah itu, pada tahun 2006 Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) menghasilkan varietas padi beras merah Aek Sibudong yang merupakan padi sawah. Sama seperti Bahbutong, varietas ini pun kurang berkembang. Pada tahun 2012 Balitbangtan kembali melepas padi beras merah yang berumur genjah, yakni padi gogo Inpago 7 (Gambar 4). Varietas Inpago 7 memiliki umur 111 hari dengan tinggi tanaman 107 cm. Jumlah anakan 19 batang/rumpun, bentuk gabah sedang, jumlah gabah per malai 107 butir, dan bobot 1.000 butir gabah 24,5 g. Kadar amilosa 20,3% dan nasi pulen. Rata-rata hasil 4,6 t/ha GKG dan potensi hasil 7,4 t/ha (Balitbangtan 2012).

Tabel 2. Keragaman panjang ukuran gabah beras merah.

No. aksesii	Varietas	Panjang gabah	Lebar gabah	Rasio	Bentuk gabah
4245	Siredep	8,9	2,5	3,56	Panjang
4305	Baliman Putih	9,56	2,54	3,76	Panjang
4310	Biduin	7,89	2,64	3,02	Panjang
4324	Siam Parupuk	7,8	2,42	3,22	Panjang
4491	Sarakasa	8,04	2,5	3,22	Panjang
5477	Baot	9,3	3	3,1	Panjang
5562	Buruh Bakul	8,1	2,6	3,1	Panjang
5632	Makmur	9,3	2,6	3,6	Panjang
5637	Gendangan Lulut	9	2,3	3,9	Panjang
6151	Mantja Sumbawa	9,4	3	3,1	Panjang
6202	Atjeh	9,12	2,42	3,77	Panjang
6244	Menur	8,66	2,5	3,46	Panjang
6371	Si Lumut Sere	9,1	2,9	3,1	Panjang
6447	Lakatan Aban	9,1	2,4	3,8	Panjang
6745	Selema	7	2,2	3,2	Panjang
12311	Gajih	9,14	2,98	3,07	Panjang
12742	Si Geupai	8,5	2,76	3,08	Panjang
13217	Ramur	8,9	2,88	3,09	Panjang
14865	Pulut Bonai	10,18	3,22	3,16	Panjang
14984	Jerai	7,88	2,6	3,03	Panjang
15005	Banda	8,54	2,66	3,21	Panjang
19112	Kn1b-361-blk-13-6	9,16	2,70	3,39	Panjang
19114	Kn1b-361-8-6-9-4-7	8,88	2,66	3,34	Panjang
4225	Hoing	7,9	3,8	2,09	Sedang/menengah
4256	Major	8,3	3,3	2,52	Sedang/menengah
4286	Umbang Karamanting	7,08	2,88	2,46	Sedang/menengah
4311	Randah Palag	8,4	2,32	2,62	Sedang/menengah
4325	Raden Rata	7,38	2,96	2,49	Sedang/menengah
4344	Kalengkere	8,18	3,26	2,51	Sedang/menengah
4361	Pulu Palappa	7,06	2,8	2,52	Sedang/menengah
5168	Kapur	7,8	3,8	2,1	Sedang/menengah
5306	Ribon	8,9	3,7	2,4	Sedang/menengah
5310	Hawara Bogor	8,6	3,4	2,5	Sedang/menengah
5313	Sentral	8,7	3,5	2,5	Sedang/menengah
5315	Bunar	8,6	3,4	2,5	Sedang/menengah
5330	Sari Kuning	8,7	3,5	2,5	Sedang/menengah
5334	Angkong	9,1	3,6	2,5	Sedang/menengah
5377	Fadjar	8,8	3,5	2,5	Sedang/menengah
5397	Aban	8,1	3,7	2,2	Sedang/menengah
5492	Gojot	8,4	3,2	2,6	Sedang/menengah
5566	Rumbai	7,8	3	2,6	Sedang/menengah
6304	Sitopas	8,84	3	2,95	Sedang/menengah
6517	Padi Putih/Aen Tinuan	9,5	3,3	2,9	Sedang/menengah
7224	Makmur	7,42	3,4	2,18	Sedang/menengah
7254	Iden	9,38	3,44	2,73	Sedang/menengah
11720	Mujair	7,7	3,04	2,53	Sedang/menengah
12052	Cempo	8,14	3,08	2,64	Sedang/menengah
12987	Beton	8,48	3,02	2,81	Sedang/menengah
13143	Sinarichi	7,98	2,66	3	Sedang/menengah
14915	Dendak	8,66	2,9	2,99	Sedang/menengah
14969	Odeng	7,96	2,7	2,95	Sedang/menengah
5462	Tjempo Peuteuj	7,5	3,7	2	Pendek
5624	Balap Putih	7,8	3,9	2	Pendek
5821	Badigul	5	2,7	1,85	Pendek
Nilai tertinggi		10,18	3,9	3,9	
Rata-rata		8,4	2,98	2,85	
Standar deviasi		0,84	0,44	0,49	

Sumber: Silitonga (2015).

Dari segi ekonomi, padi unggul berumur genjah dan berpostur pendek lebih menguntungkan sehingga lebih banyak dibudidayakan petani dibandingkan dengan padi

beras merah yang berumur dalam. Penggolongan umur panen padi menurut standar IBPGR (1980) ialah genjah 110–125 hari, sedang 126–145 hari, dan dalam > 145 hari.



Gambar 1. Gabah dan beras varietas padi beras merah Mantja Sumbawa yang berukuran panjang (dok. Afza).



Gambar 2. Gabah dan beras varietas padi beras merah Sitopas yang berukuran menengah/ sedang (dok. Afza).



Gambar 3. Gabah dan beras varietas padi beras merah Badigul yang berukuran pendek (dok. Afza).



Gambar 4. Padi Inpago 7 (Balai Besar Padi 2011).

Postur tanaman padi beras merah yang tinggi juga menurunkan preferensi petani untuk menanam padi beras merah. Beras yang populer di kalangan petani ialah beras putih dengan tinggi tanaman kurang dari 1 m dan berumur genjah. Menurut Budiman *et al.* (2012), jangka waktu tumbuh yang panjang menyebabkan budi daya padi beras merah di Indonesia kurang berkembang. Postur padi beras merah lokal yang dapat mencapai 2 m ditambah umur tanaman lebih dari 6 bulan membuat petani enggan membudidayakannya. Padi beras merah jenis Barak Cendana yang berasal dari Bali telah mengalami pemuliaan sehingga umurnya berkurang menjadi 120 hari (Safitri 2014).

Kurangnya preferensi petani untuk membudidayakan padi beras merah ini ditengarai dapat menyebabkan terjadinya erosi genetik sehingga diperlukan upaya penyelamatan benih. Salah satu cara penyelamatan benih padi beras merah ialah melalui konservasi *ex-situ* di Bank Gen BB Biogen. Konservasi *ex-situ* merupakan cara konservasi dengan memelihara keanekaragaman hayati di luar habitat alami spesies. Spesies padi beras merah yang

dikoleksi di bank gen BB Biogen berasal dari Jawa dan luar Jawa. Koleksi ini diperoleh melalui eksplorasi selama bertahun-tahun ke berbagai daerah. Beberapa varietas padi beras merah diperoleh dari hasil eksplorasi di Kalimantan (Thomson 2007).

Peranan bank gen secara umum ialah untuk konservasi dan menyediakan sumber daya genetik untuk kegiatan penelitian tanaman (Jackson 1997). Sampai tahun 2015, koleksi SDG pertanian di Bank Gen BB Biogen berjumlah 10.840 aksesi, yang meliputi padi 4.116 aksesi, padi liar 94 aksesi, jagung 1.052 aksesi, sorgum 246 aksesi, gandum 83 aksesi, kedelai 888 aksesi, kacang tanah 821 aksesi, kacang hijau 915 aksesi, kacang tunggak 130 aksesi, kacang bogor 9 aksesi, kacang gude 13 aksesi, komak 11 aksesi, koro benguk 9 aksesi, koro pedang 7 aksesi, ubi kayu 555 aksesi, ubi jalar 1.364 aksesi, talas 245 aksesi, belitung 126 aksesi, patat 34 aksesi, ganyong 63 aksesi, gembili 17 aksesi, gadung 14 aksesi, ubi kelapa 20 aksesi, dan suweg 2 aksesi. Selain tanaman, dikoleksi pula 1.404 aksesi mikroba pertanian (bakteri 1.259 aksesi, fungi 97 aksesi, virus 48 aksesi), dan 3.292 spesimen koleksi awetan serangga hama pertanian (Diptera 1.793, Coleoptera 82, Dytioptera 112, Orthoptera 61, Diptera–Cyclorapha 458, dan Hymenoptera 786 spesimen) (BB Biogen 2015). Aksesi-aksesi padi untuk koleksi aktif atau jangka pendek disimpan di dalam *aluminum foil* dan ditempatkan di dalam bak-bak plastik dalam ruangan penyimpanan benih bersuhu 15–20°C dan kelembapan 50% (Gambar 5 dan 6). Untuk penyimpanan jangka menengah dan jangka panjang, BB Biogen memiliki fasilitas *chiller* bersuhu 4°C dan *deep freezer* dengan suhu -18°C.

Perkembangan pertanian pada masa yang akan datang akan sangat bergantung pada keragaman genetik varietas padi lokal dan padi liar dalam mengatasi cekaman biotik dan abiotik yang memengaruhi produksi padi di seluruh dunia (Torres *et al.* 2013). Beberapa daerah di Indonesia seperti Yogyakarta memiliki keanekaragaman

Tabel 3. Agroekosistem padi beras merah.

No. aksesii	Varietas	Warna gabah	Golongan	Adaptasi	Warna kulit ari
4225	Hoing	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
4245	Siredep	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
4256	Major	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
4286	Umbang Karamanting	Kuning jerami bercak coklat	Cere	Sawah	Merah
4344	Kalengkere	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
4361	Pulu Palappa	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
4491	Sarakasa	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5168	Kapur	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5306	Ribon	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5310	Hawara Bogor	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5313	Sentral	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5315	Bunar	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5330	Sari Kuning	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5334	Angkong	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5377	Fadjar	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5397	Aban	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5462	Tjempo Peuteuj	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5477	Baot	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5492	Gojot	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5624	Balap Putih	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5632	Makmur	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
5637	Gendangan Lulut	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
6202	Atjeh	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
6244	Menur	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
6304	Sitopas	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
6371	Si Lumut Sere	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
6447	Lakatan Aban	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
6517	Padi Putih/Aen Tinuan	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
6745	Selema	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
7224	Makmur	Coklat gelap kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
7254	Iden	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
12052	Cempo	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
12311	Gajih	Kuning jerami coklat gelap	Cere	Sawah	Merah
12742	Si Geupai	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
12987	Beton	Kuning jerami terang	Cere	Sawah	Merah
13143	Sinarichi	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
13217	Ramur	Kuning jerami coklat gelap	Cere	Sawah	Merah pekat
14865	Pulut Bonai	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
14915	Dendak	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
14969	Odeng	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
14984	Jerai	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
15005	Banda	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
19112	Kn1b-361-blk-13-6	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
19114	Kn1b-361-8-6-9-4-7	Kuning jerami	Cere	Sawah	Merah
4305	Baliman Putih	Kuning jerami	Cere	Pasang surut	Merah
4310	Biduin	Kuning jerami	Cere	Pasang surut	Merah
4311	Randah Palag	Kuning jerami	Cere	Pasang surut	Merah
4324	Siam Parupuk	Kuning jerami bercak coklat	Cere	Pasang surut	Merah
4325	Raden Rata	Kuning jerami bercak putih	Cere	Pasang surut	Merah
5562	Buruh Bakul	Kuning jerami	Cere	Pasang surut	Merah
5566	Rumbai	Coklat	Cere	Pasang surut	Merah
5821	Badigul	Kuning jerami	Bulu/Javanika	Sawah	Merah
6151	Mantja Sumbawa	Kuning jerami bercak coklat	Bulu/Javanika	Sawah	Merah
11720	Mujair	Kuning jerami	Cere	Gogo	Merah

Sumber: Silitonga (2015).

lingkungan fisik yang luas (0–2.911 m dpl). Kondisi ini diikuti dengan keanekaragaman sumber daya genetik pertanian yang tinggi (Kristantini 2009a). Provinsi ini memiliki beberapa jenis padi beras merah, yaitu Mandel,

Segreng, Cempo merah, Andel merah, dan Saodah merah. Dua jenis di antaranya merupakan padi gogo, yaitu Mandel dan Segreng (Kristantini dan Purwaningsih 2009).



Gambar 5. Gedung penyimpanan benih tanaman pangan (dok. Afza).



Gambar 6. Penyimpanan benih padi di dalam boks di ruang penyimpanan benih bersuhu 15–20° C (dok. Afza).

ARAH PENGEMBANGAN PADI BERAS MERAH

Tujuan akhir pemuliaan tanaman ialah untuk mengembangkan varietas dengan potensi hasil tinggi dan karakteristik agronomis yang diinginkan. Dalam pemuliaan padi, karakter penting yang dicari oleh pemulia padi ialah potensi hasil tinggi, ketahanan terhadap penyakit utama dan serangga hama, serta kualitas gabah. Namun, tujuan pemuliaan ini sulit untuk berjalan secara sinergis karena tidak ada tanaman yang memiliki semua sifat unggul yang diinginkan. Penekanan pada kualitas gabah yang tinggi cenderung diikuti oleh hasil yang tidak stabil. Sebaliknya, terlalu banyak menekankan pada penyakit dan resistensi terhadap serangga hama dan hasil yang stabil menyebabkan kualitas gabah kurang baik. Berbagai strategi pemuliaan untuk meningkatkan hasil yang potensial meliputi hibridisasi konvensional, *ideotype breeding*, *heterosis breeding*, *male sterility*, *wide hybridization*, dan rekayasa genetik (Khan *et al.* 2015).

Penelitian padi beras merah di Indonesia saat ini belum menjadi prioritas. Penelitian yang lebih intensif terhadap mutu padi beras merah diharapkan dapat memberikan sumbangan nyata terhadap ketahanan pangan dan perbaikan kualitas sumber daya manusia (Suardi 2005a). Tujuan utama penelitian pemuliaan padi di seluruh dunia ialah untuk meningkatkan produktivitas tanaman, diikuti dengan ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik, serta pengembangan benih berkualitas (Ahuja *et al.* 2007). Memahami karakter spesifik dari padi beras warna sangat diperlukan agar dapat mengambil segala potensi yang ada pada padi beras warna dengan mengeliminir karakter-karakter yang tidak diinginkan. Salah satu usaha untuk mendapatkan karakter spesifik yang dimiliki oleh padi beras warna adalah dengan menganalisis urutan basa nukleotidanya menggunakan marka molekuler yang terpaut dengan gen penentu sifat

terdapatnya pigmen warna pada bagian pericarp dari biji padi. (Utami dan Hanarida 2009).

Metode pemuliaan konvensional masih banyak digunakan untuk mengembangkan varietas tanaman dengan potensi hasil yang lebih tinggi. Integrasi antara biologi molekuler, penelitian genom, pemuliaan transgenik, dan aplikasi penanda molekuler dengan pemuliaan secara konvensional telah menciptakan fondasi bagi pemuliaan tanaman molekuler dan mempercepat program peningkatan produksi beras di dunia.

Pengembangan padi beras merah dapat diarahkan kepada pangan fungsional untuk meningkatkan kualitas kesehatan manusia. Permasalahan kesehatan seperti diabetes, kanker, dan penyakit jantung yang terkait dengan gaya hidup terus meningkat di masyarakat. Oleh karena itu, penelitian terhadap karakter kualitas selain karbohidrat, protein, dan lemak pada pangan fungsional terus dikembangkan (Zhang *et al.* 2005). Evaluasi bahan pangan difokuskan pada kandungan antioksidan, indeks glikemik, dan kandungan mineral. Para ilmuwan melihat beras merah bukan sekedar bahan pangan yang mengandung karbohidrat karena kandungan antioksidannya. Oleh karena itu, beras merah perlu dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan gizi dan sebagai pangan fungsional (Itani dan Ogawa 2004).

Pangan fungsional ialah pangan yang karena kandungan komponen aktifnya dapat memberikan manfaat bagi kesehatan, selain manfaat yang diberikan oleh zat-zat gizi yang terkandung di dalamnya (Manzi *et al.* 2007). Komponen dalam pangan yang tergolong sebagai pangan fungsional ialah vitamin, mineral, gula, alkohol, asam lemak tidak jenuh, asam amino, serat pangan, prebiotik, probiotik, kolin, lesitin dan inositol, karnitin dan skualen, isoflavon, fitosterol dan fitostanol, serta poli-fenol. Pangan yang mengandung lemak, gula, dan garam yang rendah juga tergolong pangan fungsional karena merupakan pangan yang menyehatkan (Manzi *et al.* 2007 dalam Juniawati *et al.* 2015).

Masyarakat di Tiongkok telah lama menggunakan beras merah dalam pembuatan *vinegar*, tart, kosmetik, ragi, dan koji merah yang bermanfaat bagi kesehatan. Beras merah dimanfaatkan dalam fermentasi *Monascus purpurea* untuk menjaga sirkulasi darah dan kesehatan pencernaan serta menurunkan kolesterol (Chaudhary dan Tran 2001). Masyarakat Jepang memanfaatkan beras merah untuk pembuatan sake merah, mi berwarna, dan berbagai kue. Pemanfaatan beras merah sebagai pangan fungsional untuk kebutuhan pengobatan juga telah dilakukan oleh masyarakat Sri Lanka (Ahuja *et al.* 2007).

Padi beras berwarna mengandung pigmen dalam aleuronnya. Pigmen dalam lapisan aleuron biji (Gambar 7) merupakan senyawa antosianin yang termasuk golongan flavonoid (Yawadio *et al.* 2007). Pigmen antosianin pada beras berwarna tidak hanya terdapat dalam perikarp dan pigmen (lapisan kulit) beras, tetapi juga dalam setiap bagian gabah, bahkan pada kelopak daun (Chang dan Bardenas 1965).

Untuk beras berpigmen, kandungan senyawa fenol dilaporkan sebagai antosianin. Senyawa antosianin, sianidin-3-glukosida, dan pelargonidin-3-glukosida menunjukkan aktivitas penghambatan aldose reduktase sehingga senyawa ini memiliki manfaat dalam pencegahan diabetes (Yawadio *et al.* 2007). Menurut Ling dan Wang (2001), beras berwarna dapat mengurangi risiko penyakit jantung dengan cara menurunkan pembentukan plak dan tekanan oksidatif. Senyawa fenol pada beras berwarna dapat mengurangi oksidasi kolesterol LDL (Laokuldilok *et al.* 2011).

Antioksidan untuk perlindungan stres oksidatif dari sumber alami seperti biji-bijian, sayuran, dan buah-buahan menjadi alternatif yang menguntungkan dibandingkan dengan antioksidan sintetis yang memiliki efek samping. Radikal bebas diklaim dapat menginduksi terjadinya stres oksidatif pada berbagai komponen sel termasuk protein, lipida, dan DNA, yang akhirnya menyebabkan penyakit tertentu seperti kanker, jantung, penuaan, dan penyakit inflamasi (Saenkod *et al.* 2013).

Survei pada genotipe beras dari berbagai koleksi plasma nutfah dapat mengenali kandungan fenol total, flavonoid, dan kapasitas antioksidan (Shen *et al.* 2009). Pemahaman tentang keragaman genetik kandungan

fitokimia (fenol total, flavonoid, dan antioksidan) dalam kaitannya dengan kesehatan dapat membantu proses pemuliaan padi dengan mutu yang baik (Jin *et al.* 2009). Beras hitam memiliki kandungan antosianin tinggi pada lapisan perikarp, yang memberikan warna ungu gelap (Ryu *et al.* 1998; Takashi *et al.* 2001).

Fenol dan flavonoid merupakan antioksidan yang dapat bertindak sebagai pengkkelat ion logam, pembersih radikal bebas, dan mengurangi agen kanker sehingga bermanfaat bagi kesehatan manusia. Senyawa ini juga ditemukan dalam beras berpigmen (Srisawat *et al.* 2010; Lum dan Chong 2012). Antioksidan dapat melindungi tubuh dari oksigen reaktif yang berada di dalam tubuh. Dengan demikian, peningkatan asupan antioksidan memberikan pengaruh yang baik bagi kesehatan, seperti mengurangi risiko kanker, penyakit jantung, dan pembuluh darah (Diplock *et al.* 1998).

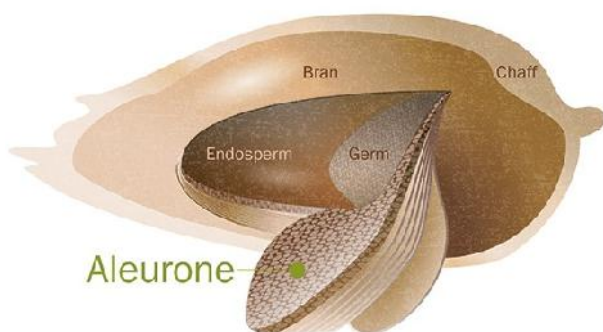
Beras hitam memiliki senyawa fenol total lebih tinggi daripada beras merah dan beras putih. Senyawa fenol dapat ditemukan pada beras berpigmen seperti beras merah dan hitam (Saenkod *et al.* 2013). Beras hitam/ungu gelap memiliki kandungan besi, polifenol, dan antioksidan dengan kapasitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan beras merah. Hubungan antara warna beras, zat besi, dan kandungan antioksidan merupakan informasi yang berguna untuk membantu pemulia padi dalam menciptakan varietas padi yang berasnya mengandung zat besi dan antioksidan yang tinggi. Informasi ini juga berguna untuk meningkatkan manfaat gizi beberapa produk makanan dari beras (Yodmanee 2011).

Aktivitas antioksidan berkorelasi dengan jumlah fenol. Makin banyak pigmen yang terdapat dalam beras, makin tinggi kandungan antioksidannya. Temuan ini menunjukkan bahwa beras berwarna mengandung senyawa bioaktif yang dapat melindungi tubuh dari penyakit (Saenkod 2013). Oleh karena itu, beras berwarna perlu dikembangkan dalam aplikasi pangan sebagai produk kesehatan, industri makanan, dan farmasi untuk menambah nilai beras (Saenkod 2013).

Karena keunggulannya, pada masa yang akan datang beras merah akan menjadi bahan pangan yang makin diminati sehingga padi beras merah makin banyak dibudidayakan petani. Keragaman genetik yang luas pada padi beras merah lokal sangat penting dalam perakitan varietas unggul yang sesuai dengan keinginan pengguna.

Sumber daya genetik padi beras merah diperlukan dalam pemuliaan tanaman secara konvensional, pemuliaan secara mutasi atau variasi somaklonal, dan pemuliaan berbasis molekuler. Konservasi plasma nutfah padi beras merah perlu dilakukan untuk menyelamatkan padi beras merah lokal dari ancaman erosi genetik dan kepunahan, sehingga dapat dilestarikan dan menjadi penyedia sumber gen untuk mendukung program pemuliaan padi beras merah pada masa yang akan datang.

Beberapa karakter morfologi dan agronomi unggulan yang diharapkan dapat dimiliki oleh padi beras merah



Gambar 7. Lapisan aleuron pada padi (Anonymous 2014a).

yaitu produktivitas tinggi, umur genjah, batang pendek dan kokoh, jumlah malai produktif dan bulir isi banyak. Karakter fisikokimia beras seperti sifat pulen atau sifat pera, rasa, dan aroma beras merupakan karakter unggulan lain yang dapat dihasilkan melalui program pemuliaan. Varietas padi beras merah yang memiliki daya adaptasi baik terhadap cekaman kekeringan atau salinitas juga dapat memberikan nilai tambah sehingga padi beras merah dapat ditanam di lahan marginal.

KESIMPULAN

Konservasi padi beras merah lokal perlu dilakukan demi menjamin ketersediaan sumber daya genetik guna mendukung program pemuliaan tanaman pada masa yang akan datang. Pengembangan padi beras merah secara khusus diarahkan kepada pangan fungsional karena padi beras merah memiliki pigmen antosianin yang berfungsi sebagai antioksidan.

Penelitian juga diarahkan untuk memperoleh varietas padi beras merah yang berdaya hasil tinggi, umur genjah, batang pendek, jumlah malai produktif dan bulir isi banyak, tahan terhadap hama dan penyakit, serta tahan terhadap cekaman lingkungan (kekeringan, salin, aluminium, besi). Selain itu, penelitian terhadap fisikokimia dan *eating quality* beras merah, yaitu sifat pulen atau pera dan aroma beras, juga dapat memberikan nilai tambah pada varietas padi beras merah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ibu Ir. Tiur Sudiaty Silitonga M.S. atas bimbingannya dalam penulisan karya tulis ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, U., S.C. Ahuja, N. Chaudhary and R. Thakrar. 2007. Red rices – past, present and future. *Asian Agri-History* 11: 291–304.
- Anonymous. 2014a. Aleurone. <http://www.aleuronefacts.com/about-aleurone> [4 October 2014].
- Anonymous. 2014b. What is a long grain rice? <http://www.wisegeek.com/what-is-long-grain-rice.htm> [9 October 2014].
- Balitbangtan (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian). 2012. Inpago 7: Beras merahnya padi gogo. Sinar Tani, Edisi 4-10 Juli 2012 No. 3464 Tahun XLII.
- BB Biogen (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian). 2015. Bank Plasma Nutfah. <http://biogen.litbang.pertanian.go.id/index.php/profil/fasilitas/bank-plasma-nutfah/> [2 Agustus 2016].
- BB Padi (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi). 2011. Varietas Inpago 7. <http://www.litbang.pertanian.go.id/varietas/one/797/> [1 Agustus 2016].
- Budiman, Arisoelaningsih and R.B.E. Wibowo. 2012. Growth adaptation of two Indonesian black rice origin NTT cultivating in organic paddy field, Malang-East Java. *J. Trop. Life Sci.* 77 2(3): 77–80.
- Cai, W. and H. Morishima. 2002. QTL clusters reflect character associations in wild and cultivated rice. *Theor. Appl. Genet.* 104: 1217–1228.
- Champagne, E. 2010. Whole-Grain Rice Stakes Out Its Claim. <http://agresearchmag.ars.usda.gov/2010/apr/rice>. USDA-ARS-Rice Research Unit Rice Quality Program. [19 October 2014].
- Chang, T.T. and E.A. Bardenas. 1965. The morphology and varietal characteristics of the rice plant. *Tech. Bull. IRRI* 4: 40 pp.
- Chaudhary, R.C. and D.V. Tran. 2001. Specialty rices of the world – a prologue. In: R.C. Chaudhary and D.V. Tran (Eds.). *Specialty Rices of the World: Breeding, Production, and Marketing*. FAO, Rome, Italy; and Oxford IBH Publishers, India. pp. 3–14.
- Chaudhary, R.C. 2003. Specialty rices of the world: Effect of WTO and IPR on its production trend and marketing. *J. Food Agric. Environ.* 1(2): 34–41.
- Cooper, H.D., C. Spillane and T. Hodgkin. 2001. Broadening the genetic base of crops: An overview. In H.D. Cooper, C. Spillane, and T. Hodgkin (Eds.). *Broadening the Genetic Base of Crop Production*. CABI Publishing, FAO-IPGRI. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. p. 1–24.
- De Guzman. 2012. Specific patterns of genetic diversity among aromatic rice varieties in Myanmar. *Khin Myo Myint et al. Rice Journal* 5(20): 1–13.
- Diplock, A.T., J.L. Charleux, G. Crozier-Willi, F.J. Kok, R. Rice-Evans, M. Roberfroid, W. Stahl and J. Vina-Ribes. 1998. Functional food science and defence against reactive oxidative species. *Brit. J. Nutr.* 80: 77–112.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2014. Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Rev. ed. FAO, Rome.
- Itani, T. and M. Ogawa. 2004. History and recent trends of red rice in Japan. *Japan. J. Crop Sci.* 73(2): 137–147.
- Jackson, M.T. 1997. Conservation of rice genetic resources; the role of international rice genebank at IRRI. *Plant Mol. Biol.* 35: 61–67.
- Jin, L., P. Xiao, Y. Lu, Y.F. Shao, Y. Shen and J.S. Bao. 2009. Quantitative trait loci for brown rice color, phenolics and flavonoid contents and antioxidant capacity in rice grain. *Cereal Chem.* 86(6): 609–615.
- Juniawati, S. Usmiyati, dan E. Damayanthi. 2015. Pengembangan keju rendah lemak sebagai pangan fungsional. *J. Litbang Pert.* 34(1): 31–40.
- Khan, M.H., Z.A. Dar and S.A. Dar. 2015. Breeding strategies for improving rice yield - A review. *Agric. Sci.* 6: 467–478.
- Kristamtini. 2009a. Respons tiga padi merah lokal DIY terhadap pupuk cair semiorganik. *Jurnal Penelitian Agronomi, Agrosains* 11(1): 1–6.
- Kristamtini. 2009b. Menyelamatkan sumber daya genetik padi beras merah. *Warta Plasma Nutfah Indonesia* 21: 4–6.
- Kristamtini dan H. Purwaningsih. 2009. Potensi pengembangan beras merah sebagai plasma nutfah Yogyakarta. *Jurnal Litbang Pertanian* 28(3): 88–95.
- Laokuldilok, T., C.F. Shoemaker, S. Jongkaewwattana and V. Tulyathan. 2011. Antioxidants and antioxidant activity of several pigmented rice brans. *J. Agric. Food Chem.* 59(1): 193–199.
- Ling, Cheng, Ma. and Wang. 2001. Red and black rice decrease atherosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits. *The Journal of Nutrition*, 131(5): 1421–1426.
- Lum, M.S. and PL. Chong. 2012. Potential antioxidant properties of pigmented rice from sabah Malaysia. *IJANS* 1(2): 29–38.

- Manzi, P., S. Marconi and L. Pizzoferrato. 2007. New functional milk-based products in the Italian market. *J. Food Chem.* 104: 808–813.
- Revenue, H.M. and Customs. 2012. Classifying rice for import and expord. <https://www.gov.uk/guidance/classifying-rice> [14 February 2014]
- Ryu, S.N., S.Z. Park and C.T. Ho, 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *J. Food Drug Anal.*, 6: 729–736.
- Saenkod, C., L. Zhonghua, H. Jianan and Y. Gong. 2013. Antioxidative biochemical properties of extracts from some Chinese and Thai rice varieties. *African Journal of Food Science.* 7(9): 300–305.
- Safitri, D. 2014. BATAN hasilkan 20 varietas padi nuklir. http://www.bbc.co.uk/indonesia/majalah/2014/02/140211_padinuklir iptek [15 Februari 2014]
- Shen, Y.L. Jin, P. Xiao, Y. Lu and J. Bao. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *Journal of Cereal Science*, 49 (2009), pp. 106–111.
- Silitonga, T.S. dan A. Risliawati. 2011. Pembentukan *core collection* untuk sumber daya genetik padi toleran kekeringan. *Bul. Plasma Nutfah* 17(2): 104–115.
- Silitonga, T.S. 2015. Katalog SDG tanaman pangan tahun 2015. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor.
- Simmons, D. and R. Williams. 1997. Dietary practices among Europeans and different South Asian groups in conventry. *Br. J. Nutr.* 78: 5–14.
- Srisawat, U., W. Panunto, N. Kaendee, S. Tanuchit, A. Itharat, N. Lerdvuthisopon and P. Hansakul. 2010. Determination of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activities in water extracts of Thai red and white rice cultivars. *J. Med Assoc. Thai* 93(7): 83–91.
- Suardi, K.D. 2005a. Potensi beras merah untuk peningkatan mutu pangan. *J. Litbang Pert.* 24(3): 93–100.
- Suardi, K.D. 2005b. Padi beras merah: Pangan bergizi yang terabaikan? *Warta Litbang Pert.* 27(4): 1–2.
- Sumarno dan N. Zuraida. 2008. Pengelolaan plasma nutfah tanaman terintegrasi dengan program pemuliaan. *Bul. Plasma Nutfah* 14(2): 57–67.
- Takashi, I., X. Bing, Y. Yoichi, N. Masaharu and K. Tetsuya. 2001. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. *J. Med. Food.* 4: 211–218.
- Thomson, M.J., E. Septiningsih, F. Suwardjo, T.J. Santoso, T.S. Silitonga and S.R. Mc Couch. 2007. Genetic diversity analysis of traditional and improved Indonesian rice (*Oryza sativa* L.) germplasm using microsatellite markers. Theoretical and applied genetics. *Int'l. J. Plant Breed. Res.* 114(3): 559–568.
- Thomson, J.M., N. Polato, J. Prasetiono, R. Trijatmiko. T.S. Silitonga and S.R. Mc Couch. 2009. Genetic diversity of isolated populations of Indonesian landraces of rice (*Oryza sativa* L.) collected in East Kalimantan on the Island of Borneo. *Rice* 2(1): 80–92.
- Torres, R.O., K.L. McNally, C.V. Cruz, R. Serraj and A. Henry. 2013. Screening of rice genebank germplasm for yield and selection of new drought tolerance donors. *Field Crop Res.* 147: 12–22.
- Tripp, R. and W. van der Heide. 1996. The erosion of crop genetic diversity: Challenges, strategies and uncertainties. *Overseas Development Institute, Number 7.*
- Utami, D.W. dan I.S. Hanarida. 2009. Karakter spesifik plasma nutfah padi beras “Warna”. *Warta Biogen* 5(1): 11–12.
- Yawadio, R., S. Tanimori and N. Morita. 2007. Identification of phenolic compounds isolated from pigmented rices and their aldose reductase inhibitory activities. *Food Chem.* 101(4): 1616–1625.
- Yodmanee, S., T.T. Karrila and P. Pakdeechanuan. 2011. Physical, chemical and antioxidant properties of pigmented rice grown in Southern Thailand. *Int'l. Food Res. J.* 18(3): 901–906.
- Zhang, M.W., B.J. Guo, J.W. Chi, Z.C. Wei, Z.H. Xu, Y. Zhang and R.F. Zhang. 2005. Antioxidations and their correlation with total flavonoid and anthocyanin contents in different black rice varieties. *Scientia Agricultura Sinica* 38(7): 1324–1331.