

Potensi Inovasi Pangan Berbasis Underutilized Cereals Sebagai Pendukung Ketercapaian Sustainable Development Goals

by Ignasius Radix Astadi Praptono Jati

Submission date: 30-Jan-2023 06:26AM (UTC+0700)

Submission ID: 2001831688

File name: 4-bc-Potensi_inovasi_pangan_.pdf (984.31K)

Word count: 11298

Character count: 70318

Potensi Inovasi Pangan Berbasis *Underutilized Cereals* Sebagai Pendukung Ketercapaian *Sustainable Development Goals*

Ignasius Radix AP Jati

Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
Email: radix@ukwms.ac.id

Pendahuluan

Pangan merupakan kebutuhan esensial bagi manusia untuk dapat hidup dan beraktifitas. Posisi penting pangan membuat tercukupinya kebutuhan pangan sebagai salah satu hak manusia yang paling mendasar. Perserikatan Bangsa-Bangsa melalui Organisasi Pangan Sedunia pada tahun 1996 mendefinisikan tercukupinya hak ini sebagai kondisi *food secure* yaitu sebuah kondisi di mana semua orang, di setiap waktu memiliki akses secara fisik maupun ekonomi pada bahan pangan dalam jumlah yang cukup, aman, dan bergizi. Ketahanan pangan kemudian semakin berkembang dimana tidak cukup hanya ketersediaan tetapi juga memperhatikan pemenuhan faktor selera makan manusia. Mengingat posisi strategis pangan dalam kehidupan masyarakat dunia, pada tahun 2015 dalam acara *United Nations Sustainable Development Summit*, pangan merupakan salah satu agenda yang menjadi fokus *Sustainable Development Goals* (SDG's). Dari tujuh belas tujuan yang dirumuskan, bidang pangan dan inovasinya dari hulu ke hilir atau *from farm to fork* berkontribusi terhadap pencapaian beberapa tujuan **baik secara langsung maupun tidak langsung, di antaranya** adalah *zero hunger, good health and well-being, responsible consumption and production, no poverty, dan gender equality*. Teknologi pangan merupakan salah satu penyokong ketercapaian tujuan pembangunan berkelanjutan di bidang pangan, dimana berkontribusi untuk menyediakan teknologi, prosedur, dan formulasi pengolahan pangan dari bahan baku menjadi produk yang memiliki nilai tambah baik ekonomi, nutrisi, maupun aspek kesehatan.

SDG's yang telah dikampanyekan sejak lama masih menghadapi banyak tantangan dalam pencapaiannya. Kondisi kelaparan masih banyak dijumpai di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Laporan dari Riskesdas menunjukkan tingkat kecukupan gizi masyarakat yang masih rendah di beberapa daerah tertentu. Penelitian oleh (Purwestri *et al.*, 2017) melaporkan bahwa di Demak, Jawa Tengah masih ditemukan kondisi masyarakat dengan asupan nutrisi yang lebih rendah daripada kebutuhannya. Hal yang serupa juga ditemukan di Kabupaten

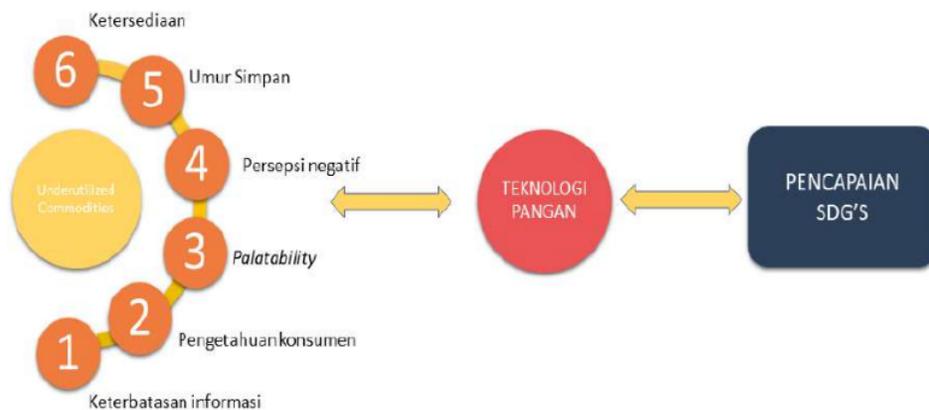
Malang, Jawa Timur (Jati *et al.*, 2014). Kurangnya asupan gizi beberapa kelompok masyarakat ini disebabkan oleh beberapa faktor yang kompleks antara lain kemiskinan atau ketiadaan akses secara ekonomi untuk mengkonsumsi pangan dalam jumlah yang cukup, ketersediaan bahan pangan yang tidak mencukupi yang berarti akses ke pasar untuk mendapatkan pangan dengan kualitas yang baik tidak terjamin, sampai dengan pengetahuan masyarakat yang rendah tentang kecukupan gizi individu dan pengolahan bahan pangan yang baik sehingga diperoleh produk yang menarik, rasa yang enak, dan bergizi tinggi. Permasalahan-permasalahan tersebut harus diatasi dengan kolaborasi berbagai bidang melalui kerjasama komprehensif sesuai dengan keahliannya. Kontribusi yang dapat diberikan oleh teknologi pangan adalah menciptakan inovasi produk dengan mempergunakan berbagai bahan baku yang tersedia di Indonesia, untuk menghasilkan produk pangan dan olahan yang mampu menarik masyarakat untuk mengkonsumsinya. Bahan pangan di Indonesia yang potensial untuk dimanfaatkan dalam mendukung tercapainya SDG's adalah *underutilized cereals*.

Underutilized cereal atau bahan pangan sereal yang saat ini tidak banyak dimanfaatkan untuk konsumsi manusia atau sereal yang terlupakan dan tidak populer dalam kehidupan masyarakat sehari-hari. Hal yang dapat menyebabkan suatu komoditas tidak banyak dimanfaatkan antara lain keterbatasan suplai karena tidak banyak ditanam, keterbatasan konsumsi, umur simpan yang pendek, ketiadaan informasi mengenai kandungan gizi atau komponen-komponen yang dapat memberikan efek kesehatan, kesadaran masyarakat yang kurang untuk mengkonsumsi suatu komoditas pangan tertentu, dan reputasi dari suatu bahan pangan. Bidang Teknologi Pangan mengoptimalkan penggunaan sereal yang belum banyak dimanfaatkan dengan mengeksplorasi sifat fisiknya, keunggulan komponen gizi dan komponen berpotensi kesehatan, serta inovasi produk yang dapat dikembangkan berbasis *underutilized cereal*. Beberapa sereal yang belum banyak dimanfaatkan antara lain beras hitam dan merah (*Oryza sativa* L.), dan sorgum atau cantel (*Sorghum bicolor*).

Konseptual *underutilized cereals* dari sudut pandang teknologi pangan

Berbagai faktor berkontribusi terhadap keberadaan atau keberdayagunaan suatu komoditas di suatu waktu tertentu. Komoditas pada suatu waktu dapat menjadi primadona, populer, dan banyak dimanfaatkan, akan tetapi seiring dengan berjalannya waktu, suatu komoditas dapat terlupakan dan tidak banyak dimanfaatkan lagi. Di Indonesia dan banyak

negara berkembang lainnya, ketergantungan terhadap beberapa komoditas pangan tertentu sangat tinggi, sehingga tidak menyisakan keragaman yang cukup dalam konsumsi pangan, yang berujung kepada produksi komoditas pangan yang kalah bersaing akan menjadi terhambat bahkan dapat menjadi punah. Faktor-faktor yang bertanggungjawab terhadap kurang optimalnya pemanfaatan suatu komoditas dapat dilihat dari sisi komoditasnya seperti kalah bersaing dengan komoditas yang lebih populer sehingga tidak banyak ditanam, keterbatasan waktu penyimpanan, serta informasi kandungan gizi dan zat penting lain yang terkandung di dalamnya, maupun dari sisi konsumen seperti kesadaran dan pengetahuan yang rendah mengenai manfaat konsumsi berbagai macam komoditas serta persepsi konsumen yang negatif terhadap suatu komoditas. Bidang teknologi pangan berkontribusi untuk menjembatani permasalahan tersebut sehingga dapat meningkatkan konsumsi suatu komoditas tertentu yang berujung kepada meningkatnya ketahanan pangan. Ilustrasi peran teknologi pangan sebagai jembatan antara konsumen dan komoditas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peran teknologi pangan di antara konsumen dan komoditas *underutilized*

Seperti terlihat pada Gambar 1, terdapat penghalang antara komoditas dan konsumen. Konsumen tidak dapat menjangkau komoditas karena berbagai faktor. Hal ini yang mengakibatkan komoditas menjadi tidak termanfaatkan dengan optimal (*underutilized*). Untuk mengatasi hal ini diperlukan sinergi banyak pihak. Salah satunya adalah bidang teknologi pangan. Dari Gambar 1, teknologi pangan secara langsung dapat membantu dalam usaha memperpanjang umur simpan suatu komoditas, melalui perlakuan pasca panen yang baik, maupun pengolahan menjadi produk yang memiliki umur simpan lebih lama.

Teknologi pangan juga diperlukan untuk mengeksplorasi kandungan gizi dan zat lain pada suatu komoditas yang dapat berguna untuk kesehatan pengkonsumsinya. Informasi ini penting untuk meningkatkan daya tawar komoditas di mata konsumen. Konsumen akan lebih memilih suatu komoditas dengan kandungan gizi yang jelas dan juga kemungkinan untuk mendapatkan manfaat lebih terutama dari segi efek kesehatannya. Investigasi yang dilakukan tidak hanya pada komoditas mentah (*raw material*) bahan baku, akan tetapi juga pada produk olahannya, karena sebagian besar komoditas pangan akan dikonsumsi dalam kondisi sudah terproses menjadi suatu produk olahan. Perubahan kandungan gizi dan komponen lainnya penting untuk diketahui agar konsumen mendapatkan produk dengan manfaat yang tertinggi, ataupun konsumen dapat mengolah suatu bahan menjadi produk dengan metode yang benar untuk meminimalkan kehilangan zat-zat yang penting.

Faktor lain yang dijumpai oleh teknologi pangan adalah *palatability* atau palatabilitas yang didefinisikan sebagai kemampuan manusia untuk merasakan, mencicipi, atau mengecap makanan. Produk pangan yang dihasilkan dari suatu komoditas harus memiliki rasa yang dapat diterima oleh konsumen. Hal penting ini yang berkontribusi menjadikan suatu komoditas tidak dilirik oleh konsumen yang pada akhirnya menjadi *underutilized* bahkan punah karena kalah bersaing dengan komoditas yang dapat diolah menjadi produk yang bercita rasa tinggi. Teknologi pangan bertugas untuk menemukan teknik, metode, dan formulasi untuk mengolah komoditas agar menghasilkan produk yang dapat diterima (*palatable*).

Hal lain yang dapat diperbaiki adalah pengetahuan konsumen mengenai bahan pangan yang baik, kebutuhan gizi setiap hari bagi individu yang harus dipenuhi, dan cara pengolahan bahan pangan menjadi produk konsumsi yang tepat. Bersinergi dengan bidang nutrisi, teknologi pangan dapat membantu memberikan edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya pengetahuan mengenai pangan dan gizi yang tepat, sehingga masyarakat dapat secara sadar memenuhi kebutuhan gizinya dengan pemilihan bahan baku. pengolahan pangan yang baik, serta mengetahui jumlah makanan yang harus dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan akan energi dan zat-zat penting lainnya.

Eksplorasi komoditas yang belum banyak dimanfaatkan diharapkan dapat menjembatani permasalahan persepsi negatif dari suatu komoditas. Beberapa komoditas tidak dimanfaatkan karena ada persepsi bahwa komoditas tersebut adalah pangan untuk orang miskin, atau persepsi suatu komoditas merupakan makanan burung atau hewan lain dan tidak layak dikonsumsi oleh manusia. Persepsi lain yang sering muncul adalah suatu

komoditas dapat mengakibatkan penyakit tertentu, gangguan kesehatan, ataupun permasalahan non medis karena dipercaya bahwa komoditas tertentu merupakan makanan setan atau jin. Permasalahan persepsi ini akan membutuhkan waktu yang lama untuk mengatasinya, terutama jika kepercayaan telah ada secara turun temurun dan menjadikan suatu komoditas pangan menjadi tabu (*food taboo*) untuk dikonsumsi.

Keberadaan teknologi pangan yang bersinergi dengan bidang-bidang lain yang terkait diharapkan dapat membantu untuk memperkenalkan kembali komoditas pangan yang saat ini tidak banyak dimanfaatkan. Di Indonesia dalam hal sereal, ketergantungan terhadap beras putih yang sangat tinggi dapat mengancam ketahanan pangan nasional dalam jangka waktu ke depan. Diperlukan alternatif lain yang mampu untuk menggantikan beras putih. Pemerintah telah banyak berusaha untuk mengkampanyekan komoditas lain sebagai alternatif, akan tetapi sampai saat ini belum mendapatkan hasil yang optimal. Kampanye pemanfaatan umbi-umbian dengan slogan nasional *one day no rice* dan penelitian pangan alternatif beras analog berbahan sereal dan umbi merupakan beberapa usaha yang telah dilakukan, meskipun belum memperoleh hasil yang optimal. Konsumsi bahan non beras lebih diminati masyarakat sebagai pangan rekreasi yang berarti hanya selingan dan bukan menjadi pangan pokok. Beras analog juga belum mampu menggantikan beras asli karena ketika dibandingkan, sifat-sifat yang dimiliki masih berbeda dengan beras putih ataupun nasi yang dihasilkan. Meskipun demikian, usaha tetap dilakukan dengan eksplorasi komoditas beras maupun sereal lain seperti beras hitam dan beras merah, serta sorgum.

Beras Hitam

Beras hitam (*Oryza sativa L.*) adalah salah satu varietas beras yang memiliki *pericarp* berwarna hitam. Berbeda dengan beras ketan hitam yang umum dikonsumsi masyarakat dengan diolah menjadi berbagai macam produk pangan, beras hitam tidak termasuk jenis komoditas yang biasa dikonsumsi. Beras hitam dipercaya berasal dari daratan Cina, dan kemudian menyebar ke berbagai daerah di Benua Asia melalui perantara pedagang. Di Cina beras hitam dikenal sebagai *forbidden rice* atau beras terlarang. Beras ini hanya dapat dikonsumsi oleh keluarga kerajaan atau kalangan bangsawan. Beras ini dianggap sebagai komoditas yang berasal dari dewa-dewa dan memiliki berbagai macam khasiat bagi yang mengkonsumsinya, diantaranya mampu menyembuhkan masalah pencernaan, sakit kepala, demam, dan infeksi. Golongan rakyat biasa tidak dapat mengonsumsi beras ini karena penanaman dan penyebarannya sangat dibatasi. Di Indonesia, beras hitam lebih banyak

dijumpai di Jawa dan digunakan sebagai salah satu bahan untuk *sesajen*, yaitu kepercayaan masyarakat dalam bentuk memberikan persembahan kepada penguasa alam semesta yang memiliki kemampuan mengatur segala sesuatu, termasuk kehidupan manusia. *Sesajen* dilakukan masyarakat dalam setiap peristiwa besar yang terjadi dalam hidup seperti kelahiran, pernikahan, dan kematian, dimana tujuannya adalah memperoleh keselamatan dari yang maha kuasa. Beras hitam dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Beras hitam

Morfologi beras hitam

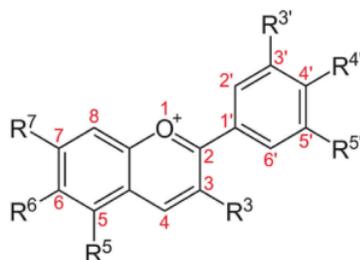
Tanaman padi beras hitam memiliki karakteristik yang mirip dengan padi yang lain, hanya beras yang dihasilkan memiliki warna hitam di bagian *pericarp* dan aleuronnya. Bagian endosperma pada beberapa varietas juga berwarna hitam, meskipun terdapat beras hitam dengan bagian endosperma berwarna lebih terang atau bahkan putih seperti beras putih pada umumnya. Menurut (Pratiwi & Purwestri, 2017) sampai saat ini ditemukan 24 varietas beras hitam di Indonesia. Tanaman padi beras hitam memiliki masa tanam yang lebih lama dibandingkan dengan beras putih yaitu antara 116-215 hari setelah tanam (Kurniasih *et al.*, 2019). Beras hitam memiliki ukuran panjang biji rata-rata 9,74-9,89 mm, lebar 2,97-3,16, dan ketebalan 1,78-1,90 mm.

Beras hitam dan kesehatan

Beras hitam dikenal sebagai beras dengan banyak khasiat. Sejak jaman Cina kuno, beras hitam banyak digunakan sebagai obat untuk berbagai macam gangguan kesehatan. Untuk memperoleh manfaat kesehatan dari beras hitam, masyarakat mengolah menjadi nasi hitam, atau menyeduh beras hitam untuk diambil ekstraknya dan diminum.

Dalam satu dasawarsa terakhir, penelitian ilmiah mengenai khasiat beras hitam telah banyak dilakukan. Para peneliti menyimpulkan bahwa efek kesehatan yang dimiliki oleh

beras hitam disebabkan kandungan antosianin dan komponen bioaktif lain yang sangat tinggi. Antosianin adalah senyawa hasil metabolisme sekunder tanaman yang bertanggungjawab terhadap terbentuknya warna hitam pada beras. Pada tanaman, antosianin berperan sebagai pertahanan diri tanaman terhadap stress oksidatif, perubahan iklim, maupun gangguan dari predator. Semakin hitam atau ungu beras, maka kandungan antosianinnya lebih tinggi. Struktur kimia antosianin dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur antosianin (Khoo *et al.*, 2017)

Antosianin dikenal sebagai antioksidan yang mampu menangkal radikal bebas yang dapat mengakibatkan berbagai macam penyakit. Bahan pangan yang banyak diteliti sebagai sumber antosianin adalah jenis buah-buahan seperti blackberry, blueberry, dan anggur. Meskipun demikian, keberadaan antosianin tidak hanya terdapat pada buah-buahan, tetapi di berbagai bagian tanaman mulai dari daun, bunga, biji, dan umbi, termasuk di dalamnya adalah beras hitam. Banyak penelitian telah dipublikasikan mengenai kandungan antosianin beras hitam. Informasi kandungan antosianin berbagai varietas beras hitam dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan antosianin beberapa jenis beras hitam

Varietas	Asal	kandungan antosianin (mg/100g)	Referensi
Chakao	India	172.0 ± 14	(Moirangthem <i>et al.</i> , 2021)
Violet Nori	Italia	466 ± 30	(Catena <i>et al.</i> , 2019)
Cempo	Indonesia	472.9 ± 2.3	(Suryanti <i>et al.</i> , 2020)
Melik	Indonesia	105.11 ± 7.76	(Raharjo <i>et al.</i> , 2019)
Niaw Dam Pleuak Khao	Thailand	256.61 ± 7.66	(Sompong <i>et al.</i> , 2011)
Unknown	China	233.55 ±	(Prommachart <i>et al.</i> , 2020)
BX30	China	353.1 ±	(Pang <i>et al.</i> , 2018)

Dari Tabel 1, diketahui bahwa beras hitam memiliki kandungan antosianin yang tinggi. Antosianin paling banyak terakumulasi pada kulit ari (bekatul) beras hitam. Oleh karena itu, dalam penanganan pasca panen perlu diperhatikan proses penyosohan yang dapat

mempertahankan komponen antosianin agar tidak hilang bersama dengan hasil sosohan beras. Beras hitam sebaiknya diproses setengah sosoh sehingga kulit ari yang hilang akan dapat diminimalkan. Akan tetapi dampak negatif dari perlakuan ini adalah beras yang keras dan kasar ketika dikonsumsi dengan metode pemasakan konvensional.

Tidak hanya total monomer antosianin yang dilaporkan, penelitian pada beras hitam juga mengidentifikasi antosianidin yang dominan. Hal ini penting karena setiap individu antosianidin memiliki reaktivitas yang berbeda, terutama menyangkut kemampuan untuk berperan sebagai antioksidan. Dalam beras hitam, sianidin 3 glukosida, delphinidin 3 glukosida, dan malvidin 3 glukosida merupakan antosianidin yang paling banyak diidentifikasi. Sianidin 3 glukosida dikenal sebagai komponen yang reaktif terhadap radikal bebas dan mampu berperan sebagai antioksidan kuat. Keberadaan sianidin 3 glukosida yang dominan pada beras hitam, menjadikan beras hitam sebagai sumber antioksidan yang dapat dipergunakan sebagai produk konsumsi langsung maupun diaplikasikan pada berbagai produk pangan. Kandungan antosianin beras hitam setara jika dibandingkan dengan bahan pangan lain sumber antosianin seperti blackberry (Tomas *et al.*, 2020), (Darniadi *et al.*, 2019), stroberi (Méndez-Lagunas *et al.*, 2017), dan anggur (Gordillo *et al.*, 2018)

Antosianin dapat berperan sebagai antioksidan yang mampu menangkap radikal bebas. Selain antosianin, komponen bioaktif yang ada dalam beras hitam juga dipercaya mampu berperan sebagai antioksidan. Komponen fenolik juga banyak terdapat pada beras hitam. Komponen ini memiliki gugus polifenol yang mampu berperan sebagai donor hidrogen untuk menstabilkan radikal bebas.

Penelitian tentang kemampuan antosianin beras hitam untuk berperan sebagai antioksidan banyak dilakukan dengan metode *in vitro* seperti DPPH, FRAP, penangkapan radikal superoksida, dan ABTS yang banyak dipakai untuk pengujian aktivitas antioksidan bahan pangan (Bunaciu *et al.*, 2016). Pengujian *in vitro* ini membuktikan bahwa beras hitam memiliki potensi sebagai sumber antioksidan alami. Mekanisme yang mungkin terjadi adalah komponen bioaktif pada beras hitam mampu mendonorkan atom hidrogen untuk bereaksi dengan radikal bebas, sehingga menjadi stabil. Selain itu, komponen bioaktif dapat berperan sebagai pengkelat logam sehingga mampu memutus reaksi berantai oksidasi. Selain menggunakan senyawa kimia untuk pengujian aktivitas antioksidan, uji *in vitro* juga banyak dilakukan menggunakan sel, hal ini untuk mengetahui peranan komponen dalam beras hitam di tingkat seluler, terutama untuk mengetahui kemampuan antikanker (Hartati *et al.*, 2017; Mazewski *et al.*, 2018), antiinflamasi (Limtrakul *et al.*, 2015; Qiu *et al.*, 2021), dan

antidiabetes (Aalim *et al.*, 2021; Meng *et al.*, 2018). Komponen bioaktif beras hitam mampu menghambat perkembangan sel kanker, mengurangi tingkat inflamasi dengan menghambat sintesis senyawa proinflamasi, serta mampu mempengaruhi kerja sel-sel dalam regulasi insulin sehingga membantu pencegahan ataupun pengelolaan kadar gula darah.

Selain *in vitro*, uji *in vivo* juga banyak dilakukan dengan mempergunakan hewan coba. Nakamura *et al.* (2017) menggunakan tikus untuk mengetahui peranan penambahan bekatul beras hitam untuk mencegah kenaikan kadar gula darah. Pendapat ini diperkuat oleh Hlaing *et al.* (2017) yang menggunakan studi proteomik untuk mengungkap peranan komponen dalam beras hitam untuk mempengaruhi ekspresi protein pada respon insulin sehingga memperbaiki kondisi tikus dengan diabetes. Penelitian tentang pengaruh konsumsi beras hitam terhadap pembentukan atherosklerosis sebagai prekursor penyakit kardiovaskuler maupun stroke menunjukkan bahwa beras hitam mampu menghambat terbentuknya agregasi platelet yang mengarah pada tersumbatnya pembuluh darah (Wang *et al.*, 2010; Wen Hua Ling *et al.*, 2002; Xia *et al.*, 2003). Konsumsi beras hitam juga terbukti memiliki peranan sebagai anti hiperlipidemia, yang mampu menurunkan kadar lemak serta memperbaiki profil lemak dalam darah (Guo *et al.*, 2007; Zawistowski *et al.*, 2009). Kemampuan beras hitam juga telah diuji pada manusia. Wang *et al.* (2007) meneliti pengaruh suplementasi zat warna dari beras hitam pada status antioksidan dan antiinflamasi pasien dengan penyakit jantung coroner. Hasil yang diperoleh menunjukkan suplementasi zat warna dari beras hitam mampu menaikkan status antioksidan pasien, sekaligus menurunkan biomarker inflamasi pada darah pasien. Biomarker inflamasi seperti VCAM-1, CD40L dan hs-CRP diketahui distimulasi oleh radikal bebas yang mengakibatkan terjadinya inflamasi. Berkurangnya biomarker ini dipercaya sebagai akibat meningkatnya status antioksidan pasien akibat suplementasi zat warna dari beras hitam. Penelitian lain pada relawan sehat berusia lanjut di Thailand yang menerima diet bekatul beras hitam (Seesen *et al.*, 2020) dilaporkan bahwa konsumsi bekatul beras hitam sendiri atau digabungkan dengan olahraga dapat memperbaiki biomarker dari kondisi penuaan dini. Selain itu kombinasi antara diet bekatul beras hitam dan olahraga dapat meningkatkan kekuatan otot maupun kinerja fisik dari sukarelawan ketika diuji dengan beberapa macam tes.

Inovasi produk berbasis beras hitam

Berbeda dengan beras putih, beras hitam memiliki tekstur yang lebih keras ketika diolah secara konvensional menjadi nasi hitam. Selain menghasilkan tekstur yang keras,

mouthfeel beras hitam terasa *greasy* atau kasar dan seperti berpasir, sehingga tidak banyak orang yang mau mengonsumsi beras hitam kecuali karena alasan kesehatan. Hal ini disebabkan oleh kandungan serat pangan yang dan fenol yang tinggi pada beras hitam yang membentuk kompleks sehingga memperlambat terjadinya gelatinisasi. Meskipun berdampak negatif pada tekstur nasi, akan tetapi di sisi lain, lambatnya gelatinisasi dan rendahnya pencernaan nasi hitam menyebabkan beras hitam memiliki indeks glikemik yang rendah, selain itu keberadaan polifenol juga menghambat enzim lipase dalam mencerna lemak, sehingga nasi hitam juga memiliki efek hipolipidemia (Aalim *et al.*, 2021). Di samping permasalahan daya cerna, kesan kotor dan tidak higienis karena warnanya yang ungu gelap cenderung hitam ketika sudah menjadi produk nasi, mengakibatkan penerimaan masyarakat menjadi rendah (Jati *et al.*, 2014).

Untuk mempopulerkan beras hitam sebagai komoditas pangan, perlu dilakukan pengembangan produk untuk mengatasi rendahnya penerimaan masyarakat terhadap nasi hitam konvensional. Beberapa penelitian mengembangkan produk biskuit atau cookies berbahan beras hitam. El-Gammal *et al.* (2018) menggunakan bekatul beras hitam dalam pembuatan kukis. Hasil yang diperoleh menunjukkan penambahan bekatul beras hitam dapat meningkatkan kadar protein, mineral, dan serat pada kukis, akan tetapi secara fisik, daya kembang kukis menurun, Dari uji organoleptik menunjukkan bahwa penambahan bekatul beras hitam sampai dengan konsentrasi 5% tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan kukis terigu. Penelitian sebelumnya oleh Lee *et al.* (2008) mengembangkan produk *puffed rice cake* berbahan beras hitam, menunjukkan bahwa dalam proses pembuatannya suhu dan waktu harus diatur optimal agar beras hitam yang kaya serat dapat mengembang secara sempurna. Bekatul beras hitam juga dipergunakan dalam pembuatan mie (Kong *et al.*, 2012). Penggunaan bekatul beras hitam sampai konsentrasi 15% mengakibatkan penurunan kohesivitas mie. Akan tetapi penambahan ini meningkatkan kadar komponen bioaktif dan aktivitas antioksidan mie yang dihasilkan. Laishram & Das (2017) menggunakan beras hitam sebagai bahan pembuatan pasta. Meskipun, sifat fisik pasta yang dihasilkan tidak sebaik pasta konvensional, akan tetapi pasta beras hitam memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi. Sifat fisik yang kurang baik diatasi dengan perlakuan pendahuluan seperti perlakuan panas dengan *microwave* dan *sous-vide*. Penelitian produk pasta beras hitam juga dilakukan oleh Rocchetti *et al.* (2017) yang menunjukkan pasta bebas gluten berbahan beras hitam kaya akan komponen fenolik. Dalam proses penyiapan sebelum dikonsumsi, pasta kering harus direbus dalam air mendidih. Proses ini menurunkan kandungan fenolik dan aktivitas

antioksidannya. Meskipun apabila dibandingkan dengan bahan lain yang digunakan seperti *chickpea*, *lentil*, sorgum, *amaranth*, dan *quinoa*, kadar fenolik dan aktivitas antioksidan pasta beras hitam lebih tinggi. Penelitian penggunaan tepung beras hitam sampai konsentrasi 50% dalam pembuatan roti menunjukkan bahwa roti yang dihasilkan memiliki pengembangan volume yang rendah dan kecenderungan roti menjadi bantat. Hal ini diatasi dengan perlakuan ekstruksi pada beras sebelum dijadikan tepung. Hasil penelitian menunjukkan perbaikan sifat fisik dari roti yang dihasilkan (Ma *et al.*, 2019). Pengembangan produk *muffin* beras hitam dilakukan oleh Croitoru *et al.* (2018) yang menggunakan 100 dan 50 persen beras hitam dalam formulasinya. Hasil yang diperoleh menunjukkan komponen bioaktif *muffin* dan aktifitas antioksidannya tinggi, serta memiliki umur simpan yang lebih panjang karena keberadaan komponen bioaktif sebagai antimikroba. Dari sifat fisiknya, penambahan beras hitam mengakibatkan *muffin* menjadi semakin keras. Tepung beras hitam juga dapat ditambahkan sebagai campuran produk *patties*. Penambahan tepung beras hitam sampai dengan 5% tidak memberikan perbedaan nyata pada kualitas *patties* daging babi. Di samping itu, kapasitas penahanan air dan *cooking yield* dari *patties* juga meningkat (Park *et al.*, 2017). (Richa *et al.*, 2020) menambahkan tepung beras hitam pada produk *nugget* ayam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan tepung beras hitam sampai konsentrasi 5% tidak menunjukkan beda nyata dengan kontrol dalam parameter fisik yang diukur dengan *texture profile analyzer*, termasuk juga kadar air, kadar protein, dan kadar abu.

Selain dalam bentuk tepung, beras hitam juga diaplikasikan pada produk pangan dalam bentuk ekstrak kaya komponen bioaktif. Penelitian aplikasi ekstrak beras hitam pada roti menunjukkan bahwa penambahan ekstrak beras hitam sebanyak 2% pada formulasi roti menghasilkan sifat fisik roti yang tidak berbeda nyata dengan kontrol. Akan tetapi pada konsentrasi 4%, roti yang dihasilkan menjadi tidak elastis dan densitas roti menjadi lebih tinggi, yang mengakibatkan roti tidak mengembang dengan baik. Selain roti, ekstrak beras hitam kaya antosianin juga diaplikasikan pada produk yogurt dan mampu menghasilkan yogurt dengan warna yang menarik serta memiliki kestabilan warna sampai dengan 21 hari (Nontasan *et al.*, 2012).

Beras merah

Secara umum beras merah lebih dikenal oleh masyarakat dibandingkan beras hitam. Beras merah banyak dipergunakan dalam pemeliharaan hewan piaraan seperti burung berkicau dan ayam jago. Konsumsi beras merah untuk burung berkicau menghasilkan suara

yang lebih jelas, selain itu untuk ayam jago, pemberian pakan beras merah dapat membantu terbentuknya massa otot dari ayam. Meskipun dalam jumlah terbatas, beras merah juga dikonsumsi oleh masyarakat dengan diolah secara konvensional. Beras merah pada skala industri dimanfaatkan sebagai bahan makanan bayi pendamping air susu ibu. Beras merah dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Beras merah

Sama seperti beras hitam, beras merah juga lebih banyak dimanfaatkan sebagai bahan *sesajen*, yaitu persembahan kepada kekuatan yang mengatur semesta serta hantaran doa kepada para leluhur yang telah wafat. *Sesajen* beras merah banyak dijumpai di Jawa Tengah dan sekitarnya serta di wilayah Ende, Nusa Tenggara Timur. Selain sebagai persembahan, beras merah juga melambangkan salah satu arah mata angin yang menjadi pedoman bagi masyarakat dalam melaksanakan kegiatan sehari-hari.

Di Amerika Serikat dan Eropa padi beras merah dianggap sebagai tanaman pengganggu atau gulma yang merugikan pertanian monokultur beras putih. Hal ini disebabkan beras merah dan putih yang ditanam memiliki asal yang sama, dapat mengalami penyerbukan silang, dan juga beras merah dapat melakukan penyerbukan sendiri. Beras merah tidak disukai karena mengganggu pertumbuhan tanaman padi budidaya serta kesulitan dalam pemanenan untuk memisahkan beras putih dengan beras merah.

Morfologi beras merah

Padi beras merah merupakan salah satu jenis padi yang tahan terhadap segala iklim. Meskipun hasil panen yang diperoleh termasuk kecil dan masa tanam yang panjang, akan tetapi padi beras merah mampu menghasilkan panen yang mencukupi pada kondisi iklim yang ekstrim dibandingkan padi beras putih budidaya. Secara umum, karakteristik morfologi beras merah adalah bentuk gabah ramping, dengan panjang gabah 9,6 mm. Jumlah bulir 99 per malai, dengan panjang ekor gabah 1,94 cm. Padi beras merah memiliki umur panen rata-rata 121 hari, dengan bobot per seribu butirnya adalah 19,9 gram. Lebar gabah 2,43 mm

dengan warna permukaan gabah kuning seperti jerami. Dalam gabah terdapat bulir beras merah dengan bentuk ramping, panjang 7,05 mm, lebar beras 2.22 mm, serta bulir beras yang berwarna merah kisaran terang sampai merah gelap (Winarti *et al.*, 2018).

Sama seperti beras hitam, antosianin merupakan komponen bioaktif yang banyak terdapat pada beras merah. Sianidin 3 glukosida dan peonidin 3 glukosida merupakan dua komponen antosianin yang paling banyak ditemukan pada beras merah. Antosianin pada beras merah terikat pada kompleks protein-antosianin. Komponen antosianin yang memiliki aktivitas sebagai antioksidan dapat dipisahkan dan diisolasi dengan cara menghidrolisis kompleks protein-antosianin menggunakan enzim.

Dibandingkan dengan beras putih, kadar protein, amilosa, dan mineral dari beras merah lebih tinggi, sementara itu setelah proses pemasakan, kekerasan bulir nasi merah lebih tinggi. Di sisi lain, suhu puncak gelatinisasi, viskositas, kadar karbohidrat dan pati total, serta kelengketan dari produk nasi merah lebih rendah. Secara khusus kadar Fe dan Zinc dari beras merah termasuk tinggi. Hal ini menjadikan beras merah sebagai salah satu makanan pendamping asi yang baik, selain juga potensial untuk dimanfaatkan menjadi bahan baku formulasi pangan untuk mengatasi gizi buruk di Indonesia.

Granula pati beras merah serupa dengan granula pati beras putih, terutama dalam ukuran dan bentuk. Perbedaan mendasar yang diamati adalah panjang rantai amilopektin dan persebarannya. Amilopektin beras merah memiliki rantai yang lebih pendek. Hal ini mempengaruhi sifat termal dari beras merah seperti suhu gelatinisasi dan entalpi (Patindol *et al.*, 2006). Kedua parameter tersebut penting dalam pengolahan beras merah menjadi berbagai produk modern seperti bubur bayi, produk *bakery*, dan minuman karena akan mempengaruhi proses, karakteristik produk yang dihasilkan, dan energi yang diperlukan untuk mengoperasikan suatu proses pengolahan.

Keunggulan beras merah dibandingkan beras putih adalah kadar pati resisten. Pati resisten menjadi komponen yang penting dalam suatu bahan pangan karena sifat fungsionalnya yang baik, antara lain memperbaiki sensitivitas insulin, menurunkan kadar gula darah, mencegah rasa lapar, memperbaiki sistem pencernaan makanan dalam tubuh, serta memperbaiki ekosistem mikroflora usus yang berdampak melancarkan metabolisme dan mencegah pertumbuhan kanker usus besar (DeMartino & Cockburn, 2020). Van Hung *et al.* (2020) melakukan penelitian kandungan pati resisten beras merah yang dimodifikasi dengan perlakuan *heat moisture treatment* (HMT). Penelitian ini berfokus pada perlakuan HMT untuk menaikkan kandungan pati resisten pada beras merah. Untuk selanjutnya produk

beras merah dapat dipergunakan sebagai bahan baku pembuatan produk pangan fungsional kaya serat yang ditujukan untuk pangsa pasar tertentu misalnya penderita diabetes, ataupun untuk menjaga kesehatan jantung. Hasil yang diperoleh menunjukkan peningkatan kadar pati resisten pada beras merah dengan perlakuan HMT. Peningkatan kadar pati resisten ini tanpa diikuti oleh perubahan ukuran dan bentuk granula, meskipun sifat-sifat yang lain berubah. Pengujian menunjukkan bahwa beras merah dengan perlakuan HMT memiliki indeks glikemik 55 yang berarti termasuk pangan dengan indeks glikemik rendah.

Beras merah dan kesehatan

Salah satu alasan berkembangnya pertanian beras merah dan semakin meningkatnya permintaan konsumen terhadap beras merah adalah aspek kesehatannya. Apabila ditinjau dari sisi agronomi, banyak faktor yang mengakibatkan beras merah menjadi komoditas yang tidak ekonomis untuk dibudidayakan. Dari sisi konsumen, *palatability* beras merah yang rendah, tekstur yang keras dan terasa berpasir, warna yang terkesan kotor adalah faktor yang berkontribusi terhadap minimnya perhatian kepada beras merah ataupun produk olahannya.

Sisi lain dari berbagai kekurangan beras merah memunculkan fakta bahwa beras merah memiliki banyak kandungan yang memberikan manfaat bagi kesehatan, diantaranya adalah serat pangan, kadar Fe dan zinc, dan kandungan komponen bioaktif seperti antosianin, fenolik, karotenoid, tokoferol, dan tocotrienol.

Kandungan mineral yang tinggi membuat beras merah dapat digunakan sebagai bahan pangan untuk intervensi gizi anak-anak (Widodo & Sirajuddin, 2018). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa anak yang mengkonsumsi biskuit berbahan beras merah dan campuran lain, mengalami peningkatan berat badan setelah intervensi. Penelitian di pulau Nias (*Purwestri et al.*, 2013) memanfaatkan beras merah sebagai salah satu bahan formulasi pembuatan biskuit untuk diberikan kepada anak-anak dengan status gizi yang rendah. Hasilnya menunjukkan bahwa pemberian biskuit dengan berbagai macam bahan termasuk beras merah mampu merehabilitasi status gizi anak.

Selain kandungan mineral yang lebih tinggi dibandingkan beras putih, beras merah dikenal karena kandungan komponen bioaktif yang tinggi. Beras merah kaya akan antosianin, fenolik, dan karotenoid. Komponen bioaktif ini yang bertanggung jawab terhadap kemampuan beras merah berperan sebagai antioksidan, dengan cara mendonorkan atom hidrogen pada senyawa radikal bebas serta memutus jalannya reaksi oksidasi berantai.

Reaksi oksidasi yang berlebihan dipercaya sebagai pemicu terjadinya berbagai penyakit degeneratif seperti diabetes, inflamasi, kanker, dan atherosclerosis.

Penelitian *in vivo* memergunakan hewan coba dilakukan oleh Tantipaiboonwong *et al.* (2017). Tikus diinduksi dengan *streptozotocin* untuk mengkondisikan tikus menjadi tikus diabet, kemudian tikus diberikan perlakuan ekstrak beras merah dan dilakukan observasi terhadap kadar gula darah, trigliserida, dan kolesterol. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa setelah suplementasi selama delapan minggu, kadar gula darah, trigliserida, dan kolesterol tikus dengan diabetes menurun secara signifikan. Penurunan kadar gula darah karena konsumsi ekstrak beras merah diakibatkan oleh kandungan sianidin 3 glukosida yang dapat meningkatkan sensitivitas insulin dan meningkatkan ekspresi dari GLUT4 yang merupakan transporter glukosa yang dikendalikan oleh insulin. Ekspresi GLUT4 yang meningkat menandakan insulin mampu bekerja dengan baik sehingga kadar glukosa dalam darah dapat diturunkan. Antosianin juga memiliki efek hipoglikemik karena kemampuannya menghambat pemecahan pati menjadi gula sederhana di sistem pencernaan, dengan cara menghambat kerja enzim alfa amilase dan alfa glukosidase. Dengan terhambatnya kedua enzim tersebut, maka proses pemecahan pati menjadi gula sederhana akan terhambat begitu pula absorpsi glukosa di usus halus akan berkurang.

Salah satu hal yang berkaitan erat dengan diabetes adalah hiperlipidemia. Kadar lemak yang berlebih dapat mengurangi sensitivitas insulin. Kemampuan ekstrak beras merah dalam menurunkan kadar lemak darah tikus diakibatkan oleh kandungan proantosianidin yang mampu menghambat kerja enzim lipase, sehingga mengurangi absorpsi lemak ke dalam darah. Komponen fitokimia lain seperti fenolik, flavonoid, tokoferol, dan gamma oryzanol dimungkinkan berperan dalam penurunan kadar lemak darah. Di samping itu, tokoferol dan oryzanol yang larut dalam lemak juga berperan untuk mempengaruhi sintesis kolesterol, sehingga kadar kolesterol dalam darah menurun (Cheng *et al.*, 2010).

Sementara itu, kemampuan beras hitam dalam pencegahan inflamasi juga banyak diteliti. Penelitian oleh Limtrakul *et al.* (2015) menunjukkan kemampuan ekstrak komponen polar dari beras merah mampu menghambat produksi interleukin-6 dan *nitric oxide* sebagai prekursor inflamasi pada kultur sel. Lebih lanjut, ekstrak beras merah juga mampu menghambat fosforilasi 1/2, c-Jun NH2-terminal kinase dan p38 MAPK. Pada penelitian menggunakan sel leukemia (HL-60) perlakuan ekstrak beras merah mampu mengurangi produksi sitokin yang merupakan agen inflamasi yaitu IL-6, TNF- α , dan NF- κ B. Ekstrak beras merah juga mampu menurunkan MMP sebagai tanda berlangsungnya proses inflamasi

berkelanjutan (Kitisin *et al.*, 2015). Penelitian *ex vivo* juga dilakukan oleh Callcott *et al.* (2018) yang menguji kemampuan ekstrak polifenol dari beras merah mempergunakan darah puasa sukarelawan dengan kondisi obesitas. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ekstrak beras merah mampu menghambat produksi *tumor necrosis factor- α* (TNF- α) sebagai agen inflamasi. Selain menghambat TNF- α , ekstrak beras merah juga mampu mengurangi produksi *malodealdehyde* sebagai hasil oksidasi lemak. Hal ini menegaskan bahwa ekstrak polifenol mampu menangkal radikal bebas yang dapat mengoksidasi lemak dalam darah. Polifenol mampu menyumbangkan atom hidrogen untuk menstabilkan radikal, selain itu juga memiliki kemampuan sebagai pengkelat logam terutama Fe dan Cu sehingga mampu menghambat katalis reaksi radikal bebas. Dalam metabolisme, oksidasi lemak dapat mengarah kepada terbentuknya atherosklerosis ataupun penyakit kardiovaskuler.

Penelitian oleh Toda *et al.* (2020) menunjukkan kemampuan beras merah dalam penghambatan kerja enzim 5-lipoxygenase (LOX). LOX merupakan enzim yang memproduksi agen inflamasi yang bertanggungjawab terhadap kejadian inflamasi pada penyakit psoriasis, asma, bronkhitis, dan atherosklerosis. Hasil penelitian menunjukkan kemampuan beras merah dalam menghambat kejadian psoriasis pada kulit tikus. Psoriasis adalah salah satu penyakit autoimun yang bercirikan inflamasi atau peradangan pada kulit.

Fokus dari penelitian beras merah salah satunya karena memiliki sifat antikanker. Kanker adalah penyakit dengan prevalensi kejadian tertinggi di dunia yang sampai saat ini masih diinvestigasi penyebab dan obat-obatannya. Perkembangan terapi menggunakan obat kimia maupun bahan alam banyak dilakukan oleh peneliti. Upanan *et al.* (2019) meneliti pengaruh perlakuan bekatul beras merah terhadap sel kanker liver (HepG2). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan antosianidin yang tinggi pada bekatul beras merah mampu menghambat perbanyakan sel HepG2 dan sekaligus memicu terjadinya apoptosis. Luaran penelitian ini mendukung hasil penelitian oleh Pintha *et al.* (2014) yang menunjukkan bahwa proantosianidin pada bekatul beras merah memiliki sifat anti invasif ketika diaplikasikan pada sel kanker payudara dan fibrosarcoma. Selain proantosianidin, diduga kandungan tokoferol dan gama oryzanol yang tinggi pada fraksi bekatul juga berperan terhadap kemampuan antikanker beras merah.

Komponen bioaktif dalam beras merah juga dipercaya memiliki sifat antiatherosklerosis yaitu kondisi penyumbatan pembuluh darah akibat oksidasi kolesterol LDL yang berujung pada penyakit kardiovaskular maupun stroke. Penelitian oleh Tan *et al.* (2020) menunjukkan bahwa bekatul beras merah mampu menghambat terbentuknya

prekursor inflamasi, menurunkan kadar kolesterol dan trigliserida dalam darah, serta mampu menghambat terbentuknya plak pada pembuluh darah sebagai awal dari kejadian atherosklerosis. Hasil ini sejalan dengan penelitian pada hewan coba kelinci oleh Wen *et al.* (2001) yang menunjukkan bahwa kelinci dengan diet beras merah memiliki luasan plak atherosklerosis yang lebih rendah dibandingkan beras putih. Konsumsi beras merah juga menaikkan kadar kolesterol HDL kelinci, serta menaikkan status antioksidan darahnya.

Inovasi produk berbasis beras merah

Dengan meningkatnya penelitian mengenai manfaat beras merah untuk meningkatkan kesehatan, penelitian tentang inovasi produk berbasis beras merah juga semakin berkembang. Hal yang perlu untuk diperhatikan dalam pengolahan beras merah harus dimulai dari awal perlakuan pasca panen yaitu penyosohan. Penyosohan memegang peranan penting mengingat penelitian membuktikan bahwa bekatul beras merah merupakan sumber mineral, vitamin, dan komponen bioaktif yang bertanggungjawab terhadap sifat antioksidatif beras merah. Oleh karena itu penyosohan harus diatur agar tidak banyak fraksi bekatul yang terbuang. Penelitian oleh Reddy *et al.* (2017) menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat penyosohan mengakibatkan menurunnya kadar vitamin, mineral dan komponen bioaktif beras. Hal ini berakibat pada semakin rendah aktivitas antioksidannya.

Faktor lain yang harus dipertimbangkan untuk mendapatkan hasil maksimal dari beras merah adalah pemasakan yang tepat. Beras merah banyak diolah secara konvensional seperti beras putih. Penelitian oleh Fracassetti *et al.* (2020) menunjukkan bahwa pengolahan dapat menurunkan kadar fenolik, flavonoid, maupun antosianin dari beras merah ketika telah menjadi nasi. Pengolahan dengan *rice cooker* memberikan hasil penurunan yang paling kecil. Hal ini dimungkinkan karena air sisa pemasakan masih berada dalam wadah dan terserap kembali ke dalam nasi. Faktor yang perlu diperhatikan dalam pengolahan beras merah adalah jumlah air yang diperlukan dan waktu pemasakan.

Untuk mempermudah pengembangan berbagai macam produk berbahan beras merah, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan penepungan. Dalam bentuk tepung, beras merah akan lebih mudah diolah menjadi produk inovatif. Dalam proses penepungan, selain pengecilan ukuran, pengeringan adalah faktor krusial untuk mempertahankan kualitas beras merah. Santos *et al.* (2020) meneliti pengaruh pengeringan dengan berbagai suhu terhadap kualitas tepung beras merah. Hasil yang diperoleh menunjukkan pH, total asam, dan total flavonoid tidak mengalami perubahan signifikan.

Akan tetapi ketika mencapai suhu 80°C, terjadi penurunan terhadap kadar air, aktivitas air, kadar polifenol, dan aktivitas antioksidan tepung beras merah. Rekomendasi suhu pengeringan adalah pada 40°C yang menunjukkan tidak terjadi perubahan signifikan pada parameter komponen bioaktif dan aktivitas antioksidannya. Selain berdampak pada kandungan komponen bioaktif dan aktivitas antioksidan, pengeringan mempengaruhi sifat fungsional tepung dan pati beras merah (Ramos *et al.*, 2019). Pengeringan secara terus menerus pada suhu 100°C menurunkan pati yang dihasilkan dari ekstraksi serta meningkatkan residu protein, sehingga pati yang diperoleh berwarna kemerahan. Kenaikan suhu pengeringan menurunkan viskositas akhir pati tetapi meningkatkan viskositas tepung. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan proteinnya. Mengingat respons sifat fungsional yang berbeda, pengeringan yang tepat harus dilakukan sesuai dengan karakteristik produk yang diharapkan.

Inovasi produk berbahan beras merah dipicu oleh manfaat kesehatan serta kebutuhan khusus bagi orang yang tidak dapat mengonsumsi terigu karena intoleransi laktosa. Cake adalah produk yang dapat dikembangkan menggunakan bahan beras merah. Penelitian oleh Das & Bhattacharya (2019) mengkaji pengaruh ekstraksi terhadap karakteristik cake beras merah yang dihasilkan dibandingkan dengan tepung beras merah tanpa ekstraksi. Hasil yang diperoleh menunjukkan parameter kualitas cake seperti tekstur, warna, dan organoleptik dari tepung beras merah dengan perlakuan ekstraksi lebih baik dibandingkan dengan tepung tanpa perlakuan. Akan tetapi kandungan komponen bioaktif dari cake dengan tepung hasil ekstraksi menurun secara signifikan karena adanya perlakuan panas.

Sementara itu, Kraithong *et al.* (2019) mengembangkan produk mie berbahan beras merah dengan berbagai proporsi dibandingkan beras putih. Hasil yang diperoleh menunjukkan penambahan beras merah mampu meningkatkan sifat fungsional mie dan juga antioksidannya sampai dengan proporsi tertentu. Namun, ketika mie dibuat dengan 100 persen tepung beras merah, menghasilkan *cooking loss* dan daya rehidrasi yang besar, meskipun dari sisi penerimaan 100 persen tepung beras merah masih dapat diterima oleh panelis. Untuk memperbaiki hasil yang diperoleh, penelitian lanjutan oleh Kraithong & Rawdkuen (2020) menggunakan hidrokoloid guar gum, carboxymethyl cellulose, dan xanthan gum dalam formulasi pembuatan mie beras merah. Hasil yang diperoleh menunjukkan perbaikan parameter kualitas mie seperti volume pengembangan, tekstur, menurunkan *cooking yield*, dan meningkatkan penerimaan panelis. Sementara itu, penambahan hidrokoloid tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kandungan

komponen bioaktif dan aktivitas antioksidannya. Hasil ini diperkuat oleh penelitian *Kasunmala et al.* (2020) yang meneliti kualitas mie beras merah dengan penambahan beberapa jenis hidrokoloid sebagai bahan pengikat.

Beras merah juga dikembangkan sebagai bahan campuran pembuatan pasta berbahan kentang (gnocchi). *Cappa et al.* (2021) mencampurkan 20% tepung beras merah pada adonan gnocchi. Hasil yang diperoleh menunjukkan penambahan beras merah menaikkan kadar serat, menurunkan kadar pati produk, menurunkan kualitas tekstur produk, dan menaikkan *cooking loss*-nya. Dari hasil ini, membuktikan beras merah sebagai salah satu bahan substitusi potensial dalam pembuatan pasta.

Produk minuman beralkohol dapat dikembangkan mempergunakan beras merah, seperti anggur beras dan minuman fermentasi lainnya. *Cardinali et al.* (2021) mengembangkan minuman fermentasi beras merah menggunakan berbagai jenis starter. Substrat beras merah terbukti menjadi tempat tumbuh yang efektif bagi starter bakteri, menghasilkan produk dengan tingkat keasaman tinggi sehingga dapat stabil dan tidak rusak selama 30 hari penyimpanan.

Sorgum

Sorgum adalah serealia ke lima terbanyak diproduksi di seluruh dunia dan menjadi makanan pokok di beberapa negara Afrika. Meskipun ada di Indonesia, sorgum tidak terlalu populer. Beberapa jenis bubur tradisional di Indonesia diolah menggunakan sorgum sebagai bahan bakunya. Sementara itu di Afrika, sorgum diolah secara tradisional dengan dikukus, direbus, atau ditepungkan sebagai bahan pembuatan roti. Berdasarkan sejarahnya, sorgum diduga berasal dari benua Afrika di daerah Abyssinia (Ethiopia). Sorgum dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sorgum (*Sorghum bicolor*)

Dari perspektif gizi, sorgum mampu menyediakan komponen-komponen yang baik untuk kesehatan diantaranya kandungan polifenol dan serat pangan yang tinggi, bebas gluten, kandungan vitamin dan mineral, dan kandungan pati yang dapat tercerna secara lambat. Meski demikian, sorgum di Indonesia lebih terkenal sebagai pakan ternak ataupun pakan burung. Kondisi ini yang mengakibatkan sorgum menjadi tidak populer, tidak banyak diproduksi, dan juga tidak banyak hasil olahan sorgum yang ditemui dalam bentuk produk pangan untuk manusia.

Morfologi sorgum

Sorgum adalah tanaman yang memiliki daya tahan tinggi terhadap segala kondisi iklim. Sorgum mampu beradaptasi dengan baik dan tumbuh secara optimal di berbagai lingkungan. Tanaman sorgum tahan terhadap kekeringan, suhu yang tinggi, mampu tumbuh pada berbagai macam ketinggian permukaan tanah, rentang pH tanah yang besar dari asam sampai dengan basa, dan dapat bertahan pada kondisi tanah yang miskin unsur hara.

Berdasarkan bentuknya, biji sorgum termasuk golongan bentuk bulat (*flattened spherical*). Biji sorgum memiliki berat 25-55 mg, dengan ukuran rata-rata 4 x 2,5 x 3,5 mm. Berdasarkan ukuran fisik tersebut, biji sorgum dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu biji berukuran kecil (8-10 mg), sedang (12-24 mg), dan besar (25-55 mg). Biji sorgum dilapisi oleh bagian luar yang berbentuk seperti sekam yang melapisi bagian biji. Sekam ini pada umumnya berwarna putih, kuning, atau coklat tergantung varietas sorgum (Xiong *et al.*, 2019).

Biji sorgum terdiri dari tiga bagian utama yaitu lapisan luar (*pericarp*, kulit ari luar), edosperma, dan embrio. Beberapa varietas sorgum memiliki lapisan kulit ari yang berwarna putih sampai dengan hitam. Kulit ari ini terletak antara *pericarp* dan endosperma. Lapisan luar atau bagian bekatul sorgum merupakan sumber polisakarida non pati termasuk selulosa, polifenol, dan serat. Sementara, bagian endosperma kaya akan pati sebagai sumber karbohidrat, protein, dan juga terdapat vitamin dan mineral. Di bagian embrio, sorgum kaya akan lemak, protein, dan beberapa vitamin (Hadebe *et al.*, 2017).

Sorgum dan kesehatan

Secara umum sorgum merupakan sereal sumber karbohidrat baik pati maupun polisakarida non pati. Selain karbohidrat terdapat protein, lemak, dan serat. Dalam 100 g sorgum, terdiri dari 72,1 g karbohidrat, 12,4 g air, 10,6 g protein, 6,7 g

serat, 3,5 g lemak, serta menyediakan 1377 kJ energi (Xiong *et al.*, 2019). Pati merupakan komponen utama karbohidrat pada sorgum. Pati tersimpan dalam bentuk granula di endosperma. Pati sorgum terdiri dari amilosa dan amilopektin. Akan tetapi pada beberapa varietas, tidak memiliki atau hanya memiliki sedikit kandungan amilosa. Di antara tanaman sereal, sorgum adalah komoditas yang kandungan patinya tercerna dengan sangat lambat. Hal ini karena kandungan pati resisten dan pati tidak tercerna yang tinggi, serta interaksi kuat antara granula pati pada endosperma dengan protein dan tanin (Barros *et al.*, 2012).

Selain komponen makronutrien, sorgum memiliki kadar komponen fenolik yang tinggi, yang terdiri atas asam fenolat, flavonoid, dan tanin. Asam fenolat merupakan komponen fenolik yang dominan pada sorgum, terdapat dalam bentuk asam benzoat dan asam sinamat yang pada umumnya terkonsentrasi di bekatul sorgum. Beberapa jenis asam fenolat yang ditemukan di sorgum antara lain asam gallat, *vanillic*, *procatechuic*, *cinnamic*, *p-coumaric*, *p-hydroxybenzoic*, *syringic*, *ferulic*, *caffeic*, dan *sinapic acids* (Rao *et al.*, 2018). Dalam metabolisme tanaman, asam fenolat berfungsi untuk pertahanan tanaman dari serangan hama penyakit. Berawal dari fungsi tersebut, peneliti melakukan investigasi peran asam fenolat pada metabolisme tubuh manusia.

Komponen fenolik lain yang ditemukan pada sorgum adalah flavonoid. Jenis flavonoid yang banyak ditemukan adalah flavone, flavanone, dan 3 deoxyanthocyanidin. Flavone adalah flavonoid yang mempengaruhi terbentuknya warna kuning pada sorgum. Menurut Girard & Awika (2018), kandungan flavone pada sorgum berkisar 20-390 µg/g. Sedangkan flavanone merupakan produk antara pada metabolisme sorgum. Jenis flavanone yang banyak ditemukan adalah naringenin. Karena merupakan produk antara dari metabolisme, maka kandungan flavanone pada sorgum sangat bervariasi. Flavanone dilaporkan tidak terdeteksi pada sorgum putih, tetapi dapat mencapai 2000 µg/g pada sorgum dengan pericarp berwarna kuning. Sifat flavanone ini sensitif terhadap pH rendah, mudah terhidrolisis, dan memiliki bioavailabilitas yang tinggi (Yang *et al.*, 2015).

Antosianin juga ditemukan pada sorgum terutama yang memiliki kulit berwarna ungu sampai hitam. Jenis antosianin yang ditemukan adalah 3 deoxyanthocyanidin. Senyawa ini merupakan jenis flavonoid yang paling tinggi konsentrasinya pada sorgum varietas tertentu yaitu antara 200-4500 µg/g. Tingginya kadar 3 deoxyanthocyanidin sampai mencapai 80% dari total kadar flavonoid yang terukur pada sorgum (de Morais Cardoso *et al.*, 2017). Komponen fenolik yang paling banyak diinvestigasi pada sorgum adalah tanin, yang berbentuk condensed tanin dengan berat molekul dan derajat polimerisasi yang tinggi.

Tanin berperan besar dalam pertahanan sorgum terhadap hama dan penyakit serta untuk menghadapi kondisi iklim yang tidak menguntungkan. Kemampuan ini didukung oleh struktur kimianya yang memiliki banyak cincin aromatis dan ikatan hidrosil. Selain memiliki kemampuan sebagai antioksidan yang sangat baik, tanin memiliki kecenderungan berikatan dengan molekul dari bahan pangan dan membentuk kompleks yang tidak larut, sehingga senyawa penting bahan pangan menjadi tidak dapat diserap. Oleh karena itu tanin juga dikenal sebagai zat anti gizi (Awika & Rooney, 2004). Perlakuan perendaman air alkali, perlakuan panas, maupun derajat penggilingan dilaporkan dapat menurunkan kadar tanin pada sorgum.

Berdasarkan kandungan komponen bioaktif yang banyak dilaporkan, penelitian manfaat kesehatan sorgum juga berkembang. Sorgum memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi ketika diuji menggunakan metode *in vitro* apabila dibandingkan dengan sereal lain. Kemampuan ini erat kaitannya dengan konsentrasi komponen fenolik terutama tanin yang tinggi pada sorgum (Awika *et al.*, 2003). Hal yang perlu dicermati dari pengukuran aktivitas antioksidan secara *in vitro* yaitu tidak mencerminkan kondisi fisiologis tubuh manusia, seperti suhu, pH, bioavailabilitas, dan metabolisme kompleks. Meskipun demikian, pengujian aktivitas antioksidan secara *in vitro* membantu tahap awal seleksi kemampuan suatu produk sebagai antioksidan, sebelum dilanjutkan pada uji lain yang lebih komprehensif.

Pengujian efek sorgum terhadap kesehatan salah satunya adalah kemampuan antiinflamasi. Komponen fenolik dalam sorgum dilaporkan mampu menghambat terbentuknya komponen pro-inflamasi seperti COX-2, IL-1 β , dan TNF- α (Burdette *et al.*, 2010; Shim *et al.*, 2013). Penelitian menggunakan sorgum yang diolah menjadi biskuit dan dikonsumsi oleh sukarelawan *overweight* menunjukkan hasil setelah 12 minggu, mampu mengurangi produksi komponen pro-inflamasi (Stefoska-Needham *et al.*, 2016).

Studi efek antikanker sorgum telah banyak dilakukan menggunakan berbagai macam jenis sel kanker, seperti sel kanker payudara, usus besar, usus halus, lambung, leukemia, dan tenggorokan. Hasil penelitian menunjukkan kemampuan komponen antioksidan sorgum dalam menghambat pertumbuhan sel kanker. Komponen yang diduga memiliki peran besar dalam penghambatan ini adalah 3 deoxyanthocyanidin (Shih *et al.*, 2007). Komponen ini menghambat pertumbuhan sel kanker melalui mekanisme memicu peristiwa apoptosis sel serta penghambatan perbanyakan dan penyebaran sel kanker (Xiong *et al.*, 2019).

Mengingat kandungan pati sorgum yang tidak mudah tercerna dan kadar serat pangannya yang tinggi, maka sorgum sangat baik untuk antidiabetes dan pencegahan obesitas. Kemampuan ini didukung oleh keberadaan tanin yang membentuk kompleks dengan pati sehingga mengakibatkan daya serapnya menjadi menurun. Hal ini yang menyebabkan indeks glikemik sorgum menjadi rendah karena serapan glukosa ke dalam darah terhambat, sehingga konsumsi sorgum baik untuk orang dengan diabetes atau obesitas (Zhang & Hamaker, 2009). Penelitian oleh Stefoska-Needham *et al.* (2016) menunjukkan bahwa konsumsi biskuit berbahan sorgum menghasilkan rasa kenyang yang lebih lama dan tingkat rasa lapar yang lebih rendah dibandingkan biskuit gandum pada sukarelawan dengan kondisi sehat. Hal ini disebabkan kandungan serat, pati tidak tercerna, dan tanin yang memberikan kondisi menguntungkan untuk diet.

Penelitian antidiabetes menunjukkan bahwa konsumsi *muffin* yang diberi suplementasi tepung sorgum mampu menurunkan kadar gula darah serta memperbaiki kinerja insulin apabila dibandingkan dengan kontrol tanpa penambahan tepung sorgum. Hal ini mengingat kandungan komponen fenolik memiliki kemampuan untuk menghambat kerja alfa amilase dan alfa glukosidase memecah karbohidrat menjadi gula-gula sederhana. Kandungan fenolik juga mampu untuk memperbaiki sensitivitas insulin karena melindungi dari radikal bebas yang keberadaannya dapat mengganggu kinerja insulin (Poquette *et al.*, 2014)

Sementara itu kemampuan sorgum dalam penghambatan penyakit kardiovaskular diteliti oleh Hoi *et al.* (2009) yang menunjukkan bahwa konsumsi ekstrak sorgum mampu menurunkan kadar kolesterol dalam darah hewan coba. Kolesterol dipercaya sebagai salah satu komponen pemicu terjadinya penyakit kardiovaskular. Kondisi serupa juga ditemukan oleh Kim & Park (2012) yang membuktikan bahwa konsumsi ekstrak sorgum kaya komponen bioaktif mampu menurunkan kadar kolesterol tikus. Lebih lanjut, penelitian oleh Ham *et al.* (2019) menunjukkan bahwa pemberian ekstrak sorgum yang telah difermentasi mampu mengurangi penebalan dinding aorta sebagai tanda terjadinya proses atherosklerosis, memperbaiki profil lemak, dan meningkatkan kinerja jantung tikus.

Inovasi produk berbasis sorgum

Selain produk-produk tradisional, sorgum mulai banyak dikembangkan menjadi berbagai macam produk inovatif sebagai pangan fungsional, yaitu pangan yang memberikan manfaat kesehatan bagi yang mengkonsumsinya. Hal ini didasarkan pada penelitian

kandungan gizi, komponen bioaktif, maupun respon sorgum terhadap berbagai kondisi kesehatan tubuh. Produk tradisional berbasis sorgum banyak ditemukan di Afrika, diantaranya adalah sorgum yang diolah dengan cara dikukus, direbus seperti bubur dan sup, dipanggang seperti *cake* dan roti, digoreng seperti *tortilla* atau *chips* sorgum, dan difermentasi menjadi minuman beralkohol seperti bir atau *wine*.

Dengan semakin meningkatnya permintaan masyarakat akan produk bebas gluten, sorgum menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan untuk dapat dikonsumsi oleh penderita *celiac disease* maupun orang dengan kondisi autisme. Daftar inovasi produk berbahan sorgum dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Inovasi produk berbahan sorgum

Aplikasi	Tipe produk
Snack sorgum	kukis biskuit
Makanan pokok fungsional	Mie Roti Sereal sarapan bubur
Minuman fungsional	teh sorgum Minuman bubuk bir
Bahan pembantu	pasta muffin Roti kukus
Pengawet	Produk daging
Pewarna makanan	Makanan dan minuman

Sumber: Xiong *et al.* (2019)

Dari Tabel 2, terlihat bahwa sorgum dapat diolah menjadi berbagai produk yang praktis, memiliki umur simpan yang panjang, dan potensial untuk dikomersialkan dengan sasaran konsumen yang jelas. Permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan sorgum adalah dari sisi sifat fisik produk dan sifat sensorisnya. Produk seperti roti dan *cake* berbahan sorgum tidak mampu mengembang dengan baik karena tidak memiliki gluten. Hasil akhir produk pada umumnya bertekstur lebih keras dan kasar. Di samping itu, kandungan tanin yang tinggi menimbulkan rasa sepat atau getir yang dideteksi oleh panelis. Contoh lain adalah produk mie sorgum. Tekstur yang dihasilkan mie sorgum tidak sehalus dan sekenyal mie berbahan terigu. Absorpsi air yang sangat banyak membuat mie sorgum sangat lembek. Permasalahan karakteristik produk ini perlu diatasi dengan penambahan bahan lain seperti

jenis-jenis hidrokoloid untuk meningkatkan karakteristik tekstur produk. Salah satu produk berbahan baku sorgum yang sesuai untuk dikembangkan adalah sereal sarapan seperti *flakes*. Produk ekstruksi ini sesuai karena kandungan kimiawi sorgum yang kaya serat sehingga baik untuk diet, dan karakter produk yang tidak memerlukan pengembangan sempurna, sesuai dengan sifat sorgum.

Selain sebagai bahan baku, sorgum juga dapat dipergunakan sebagai bahan pembantu dengan tujuan tertentu, misalnya bahan pengisi *patties* menggunakan tepung sorgum untuk memperpanjang umur simpannya. Sorgum juga dapat menjadi pengisi sosis ataupun produk-produk emulsi lain untuk menggantikan tepung terigu. Selain itu, kandungan komponen bioaktif yang tinggi pada sorgum dapat dimanfaatkan dengan cara diekstrak dan diaplikasikan pada makanan dan minuman sebagai antimikroba maupun pewarna alamiah.

Perspektif underutilized cereal di masa depan

Ketergantungan terhadap beberapa jenis komoditas pangan membawa konsekuensi terhadap kesehatan tubuh karena diet yang tidak seimbang, maupun terhadap ketahanan pangan di suatu wilayah tertentu. Pemanfaatan *underutilized cereal* menjadi sangat krusial untuk mengurangi ketergantungan terhadap konsumsi beras putih. Untuk menunjang hal tersebut, diperlukan sinergi antar berbagai bidang untuk mengatasi halangan yang mengakibatkan suatu komoditas menjadi tidak banyak dikonsumsi. Komoditas potensial antara lain beras hitam, beras merah, dan sorgum. Penelitian telah banyak dilakukan pada ketiga komoditas tersebut termasuk kontribusinya dalam meningkatkan kesehatan tubuh. Selanjutnya diperlukan penelitian komprehensif berkaitan dengan pengembangan produknya sehingga menghasilkan produk berkualitas baik dan layak untuk dikomersialkan sehingga dapat diterima oleh konsumen.

Daftar Pustaka

- Aalim, H., Wang, D., & Luo, Z. (2021). Black rice (*Oryza sativa* L.) processing: Evaluation of physicochemical properties, in vitro starch digestibility, and phenolic functions linked to type 2 diabetes. *Food Research International*, 141(May 2020), 109898.
- Awika, J. M., & Rooney, L. W. (2004). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 65(9), 1199–1221.
- Awika, J. M., Rooney, L. W., Wu, X., Prior, R. L., & Cisneros-Zevallos, L. (2003). Screening Methods to Measure Antioxidant Activity of Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Sorghum Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(23), 6657–

6662.

- Barros, F., Awika, J. M., & Rooney, L. W. (2012). Interaction of tannins and other sorghum phenolic compounds with starch and effects on in vitro starch digestibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(46), 11609–11617.
- Bunaciu, A. A., Danet, A. F., Fleschin, Ş., & Aboul-Enein, H. Y. (2016). Recent Applications for in Vitro Antioxidant Activity Assay. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, *46*(5), 389–399.
- Burdette, A., Garner, P. L., Mayer, E. P., Hargrove, J. L., Hartle, D. K., & Greenspan, P. (2010). Anti-inflammatory activity of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans. *Journal of Medicinal Food*, *13*(4), 879–887.
- Callcott, E. T., Thompson, K., Oli, P., Blanchard, C. L., & Santhakumar, A. B. (2018). Coloured rice-derived polyphenols reduce lipid peroxidation and pro-inflammatory cytokines ex vivo. *Food and Function*, *9*(10), 5169–5175.
- Cappa, C., Laureati, M., Casiraghi, M. C., Erba, D., Vezzani, M., Lucisano, M., & Alamprese, C. (2021). *Technological, and Sensory Quality of Potato-Based Pasta*.
- Cardinali, F., Osimani, A., Milanović, V., Garofalo, C., & Aquilanti, L. (2021). Innovative fermented beverages made with red rice, barley, and buckwheat. *Foods*, *10*(3).
- Catena, S., Turrini, F., Boggia, R., Borriello, M., Gardella, M., & Zunin, P. (2019). Effects of different cooking conditions on the anthocyanin content of a black rice (*Oryza sativa* L. 'Violet Nori'). *European Food Research and Technology*, *245*(10), 2303–2310.
- Cheng, H. H., Ma, C. Y., Chou, T. W., Chen, Y. Y., & Lai, M. H. (2010). Gamma-oryzanol ameliorates insulin resistance and hyperlipidemia in rats with streptozotocin/nicotinamide-induced type 2 diabetes. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, *80*(1), 45–53.
- Croitoru, C., Muresan, C., Turturica, M., Stanciuc, N., Andronoiu, D. G., Dumitrajescu, L., Barbu, V., Enachi, E., Horincar, G., & Rapeanu, G. (2018). Improvement of quality properties and shelf life stability of new formulated muffins based on black rice. *Molecules*, *23*(11), 1–15.
- Darniadi, S., Ifie, I., Ho, P., & Murray, B. S. (2019). Evaluation of total monomeric anthocyanin, total phenolic content and individual anthocyanins of foam-mat freeze-dried and spray-dried blueberry powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *13*(2), 1599–1606. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00076-w>
- Das, A. B., & Bhattacharya, S. (2019). Characterization of the batter and gluten-free cake from extruded red rice flour. *Lwt*, *102*(December 2018), 197–204.
- de Moraes Cardoso, L., Pinheiro, S. S., Martino, H. S. D., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2017). Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): Nutrients, bioactive compounds, and potential impact on human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *57*(2), 372–390.
- DeMartino, P., & Cockburn, D. W. (2020). Resistant starch: impact on the gut microbiome and health. *Current Opinion in Biotechnology*, *61*, 66–71.
- El-Gammal, R., Rabie, M., El Bana, M., & Saleh, M. (2018). Processing Cookies from Defatted Thermal Stabilized Black Rice Bran. *Journal of Food and Dairy Sciences*, *2018*(0), 1–5.
- Fracassetti, D., Pozzoli, C., Vitalini, S., Tirelli, A., & Iriti, M. (2020). Impact of cooking on bioactive compounds and antioxidant activity of pigmented rice cultivars. *Foods*, *9*(8), 1–12.
- Girard, A. L., & Awika, J. M. (2018). Sorghum polyphenols and other bioactive components as functional and health promoting food ingredients. *Journal of Cereal Science*, *84*,

112–124.

- Gordillo, B., Sigurdson, G. T., Lao, F., González-Miret, M. L., Heredia, F. J., & Giusti, M. M. (2018). Assessment of the color modulation and stability of naturally copigmented anthocyanin-grape colorants with different levels of purification. *Food Research International*, *106*(January), 791–799.
- Guo, H., Ling, W., Wang, Q., Liu, C., Hu, Y., Xia, M., Feng, X., & Xia, X. (2007). Effect of anthocyanin-rich extract from black rice (*Oryza sativa* L. indica) on hyperlipidemia and insulin resistance in fructose-fed rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, *62*(1), 1–6.
- Hadebe, S. T., Modi, A. T., & Mabhaudhi, T. (2017). Drought Tolerance and Water Use of Cereal Crops: A Focus on Sorghum as a Food Security Crop in Sub-Saharan Africa. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *203*(3), 177–191.
- Ham, Y. M., Song, H. S., Kwon, J. E., Jeon, H., Baek, H. J., Kim, C. W., Yoon, W. J., Choung, E. S., & Kang, S. C. (2019). Effects of fermented Sorghum bicolor L. Moench extract on inflammation and thickness in a vascular cell and atherosclerotic mice model. *Journal of Natural Medicines*, *73*(1), 34–46.
- Hartati, F. K., Widjanarko, S. B., Widyaningsih, T. D., & Rifa'i, M. (2017). Anti-Inflammatory evaluation of black rice extract inhibits TNF- α , IFN- γ and IL-6 cytokines produced by immunocompetent cells. *Food and Agricultural Immunology*, *28*(6), 1116–1125.
- Hlaing, E. I. E. I., Piamrojaphat, P., Lailerd, N., Phaonakrop, N., & Roytrakul, S. (2017). Anti-Diabetic Activity and Metabolic Changes in Purple Rice Bran Supplement Type 2 Diabetic Rats by Proteomics. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, *9*(3), 428–436.
- Hoi, J. T., Weller, C. L., Schlegel, V. L., Cuppett, S. L., Lee, J. Y., & Carr, T. P. (2009). Sorghum distillers dried grain lipid extract increases cholesterol excretion and decreases plasma and liver cholesterol concentration in hamsters. *Journal of Functional Foods*, *1*(4), 381–386.
- Jati, I. R. A. P., Nohr, D., & Biesalski, H. K. (2014). Nutrients and antioxidant properties of Indonesian underutilized colored rice. *Nutrition and Food Science*, *44*(3), 193–203.
- Jati, I. R. A. P., Widmer, C., Purwestri, R. C., Wirawan, N. N., Gola, U., Lambert, C., & Biesalski, H. K. (2014). Design and validation of a program to identify inadequate intake of iron, zinc, and vitamin A. *Nutrition*, *30*(11–12), 1310–1317.
- Kasunmala, I. G. G., Navaratne, S. B., & Wickramasinghe, I. (2020). Effect of process modifications and binding materials on textural properties of rice noodles. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *21*(May).
- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food and Nutrition Research*, *61*(1). <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>
- Kim, J., & Park, Y. (2012). Anti-diabetic effect of sorghum extract on hepatic gluconeogenesis of streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutrition and Metabolism*, *9*, 1–7.
- Kitisin, T., Saewan, N., & Luplertlop, N. (2015). Potential anti-inflammatory and anti-oxidative properties of Thai colored-rice extracts. *Plant OMICS*, *8*(1), 69–77.
- Kong, S., Kim, D. J., Oh, S. K., Choi, I. S., Jeong, H. S., & Lee, J. (2012). Black Rice Bran as an Ingredient in Noodles: Chemical and Functional Evaluation. *Journal of Food Science*, *77*(3).
- Kraithong, S., Lee, S., & Rawdkuen, S. (2019). Effect of red Jasmine rice replacement on

- rice flour properties and noodle qualities. *Food Science and Biotechnology*, 28(1), 25–34.
- Kraithong, S., & Rawdkuen, S. (2020). Effects of food hydrocolloids on quality attributes of extruded red Jasmine rice noodle. *PeerJ*, 8. <https://doi.org/10.7717/peerj.10235>
- Kurniasih, N. S., Susandarini, R., Susanto, F. A., Nuringtyas, T. R., Jenkins, G., & Purwestri, Y. A. (2019). Characterization of Indonesian pigmented rice (*Oryza sativa*) based on morphology and single nucleotide polymorphisms. *Biodiversitas*, 20(4), 1208–1214.
- Laishram, B., & Das, A. B. (2017). Effect of thermal pretreatments on physical, phytochemical, and antioxidant properties of black rice pasta. *Journal of Food Process Engineering*, 40(5), 1–8.
- Lee, J. C., Kim, J. D., Hsieh, F. H., & Eun, J. B. (2008). Production of black rice cake using ground black rice and medium-grain brown rice. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(6), 1078–1082.
- Limtrakul, P., Yodkeeree, S., Pitchakarn, P., & Punfa, W. (2015). Suppression of inflammatory responses by black rice extract in RAW 264.7 macrophage cells via downregulation of NF- κ B and AP-1 signaling pathways. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 16(10), 4277–4283.
- Ma, J., Kaori, F., Ma, L., Gao, M., Dong, C., Wang, J., & Luan, G. (2019). The effects of extruded black rice flour on rheological and structural properties of wheat-based dough and bread quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(5), 1729–1740.
- Mazewski, C., Liang, K., & Gonzalez de Mejia, E. (2018). Comparison of the effect of chemical composition of anthocyanin-rich plant extracts on colon cancer cell proliferation and their potential mechanism of action using in vitro, in silico, and biochemical assays. *Food Chemistry*, 242(September 2017), 378–388.
- Méndez-Lagunas, L., Rodríguez-Ramírez, J., Cruz-Gracida, M., Sandoval-Torres, S., & Barriada-Bernal, G. (2017). Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content. *Food Chemistry*, 230, 174–181.
- Meng, L., Zhang, W., Wu, Z., Hui, A., Gao, H., Chen, P., & He, Y. (2018). Effect of pressure-soaking treatments on texture and retrogradation properties of black rice. *Lwt*, 93, 485–490.
- Moirangthem, K., Ramakrishna, P., Amer, M. H., & Tucker, G. A. (2021). Bioactivity and anthocyanin content of microwave-assisted subcritical water extracts of Manipur black rice (Chakhao) bran and straw. *Future Foods*, 3, 100030.
- Nakamura, S., Hara, T., Joh, T., Kobayashi, A., Yamazaki, A., Kasuga, K., Ikeuchi, T., & Ohtsubo, K. (2017). Effects of super-hard rice bread blended with black rice bran on amyloid β peptide production and abrupt increase in postprandial blood glucose levels in mice. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 81(2), 323–334.
- Nontasan, S., Moongngarm, A., & Deeseenthum, S. (2012). Application of Functional Colorant Prepared from Black Rice Bran in Yogurt. *APCBEE Procedia*, 2, 62–67.
- Pang, Y., Ahmed, S., Xu, Y., Beta, T., Zhu, Z., Shao, Y., & Bao, J. (2018). Bound phenolic compounds and antioxidant properties of whole grain and bran of white, red and black rice. *Food Chemistry*, 240(July 2017), 212–221.
- Park, S., Lee, J., Kim, G., & Kim, H. (2017). *Food Science of Animal Resources Effect of Black Rice Powder on the Quality Properties of Pork Patties*. 71–78.
- Patindol, J., Flowers, A., Kuo, M. I., Wang, Y. J., & Gealy, D. (2006). Comparison of physicochemical properties and starch structure of red rice and cultivated rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(7), 2712–2718.

- Poquette, N. M., Gu, X., & Lee, S. O. (2014). Grain sorghum muffin reduces glucose and insulin responses in men. *Food and Function*, 5(5), 894–899.
- Pratiwi, R., & Purwestri, Y. A. (2017). Black rice as a functional food in Indonesia. *Functional Foods in Health and Disease*, 7(3), 182–194.
- Prommachart, R., Belem, T. S., Uriyapongson, S., Rayas-Duarte, P., Uriyapongson, J., & Ramanathan, R. (2020). The effect of black rice water extract on surface color, lipid oxidation, microbial growth, and antioxidant activity of beef patties during chilled storage. *Meat Science*, 164(February), 108091.
- Purwestri, R. C., Renz, L., Wirawan, N. N., Jati, I. R. A. P., Fahmi, I., & Biesalski, H. K. (2017). Is agriculture connected with stunting in Indonesian children living in a rice surplus area? A case study in Demak regency, central Java. *Food Security*, 9(1), 89–98.
- Purwestri, R. C., Scherbaum, V., Inayati, D. A., Wirawan, N. N., Suryantan, J., Bloem, M. A., Pangaribuan, R. V., Stuetz, W., Hoffmann, V., Qaim, M., Biesalski, H. K., & Bellows, A. C. (2013). Impact of Daily versus Weekly Supply of Locally Produced Ready-to-Use Food on Growth of Moderately Wasted Children on Nias Island, Indonesia. *ISRN Nutrition*, 2013, 1–10.
- Qiu, T., Sun, Y., Wang, X., Zheng, L., Zhang, H., Jiang, L., Zhu, X., & Xiong, H. (2021). Drum drying-and extrusion-black rice anthocyanins exert anti-inflammatory effects via suppression of the NF- κ B /MAPKs signaling pathways in LPS-induced RAW 264.7 cells. *Food Bioscience*, 41, 100841.
- Raharjo, S., Purwandari, F. A., Hastuti, P., & Olsen, K. (2019). Stabilization of Black Rice (*Oryza Sativa*, L. Indica) Anthocyanins Using Plant Extracts for Copigmentation and Maltodextrin for Encapsulation. *Journal of Food Science*, 84(7), 1712–1720.
- Ramos, A. H., Rockenbach, B. A., Ferreira, C. D., Gutkoski, L. C., & de Oliveira, M. (2019). Characteristics of Flour and Starch Isolated from Red Rice Subjected to Different Drying Conditions. *Starch/Staerke*, 71(7–8), 1–8.
- Rao, S., Santhakumar, A. B., Chinkwo, K. A., Wu, G., Johnson, S. K., & Blanchard, C. L. (2018). Characterization of phenolic compounds and antioxidant activity in sorghum grains. *Journal of Cereal Science*, 84, 103–111.
- Reddy, C. K., Kimi, L., Haripriya, S., & Kang, N. (2017). Effects of Polishing on Proximate Composition, Physico- Chemical Characteristics, Mineral Composition and Antioxidant Properties of Pigmented Rice. *Rice Science*, 24(5), 241–252.
- Richa, K., Laskar, S. K., Das, A., Choudhury, S., Hazarika, M., Sonowal, S., Borah, M. C., & Upadhyay, S. (2020). Effect of black rice (*Oryza sativa* L.) flour on proximate composition, texture profile and microbiological qualities of chicken nuggets. ~ 412 ~ *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(6), 412–416.
- Rocchetti, G., Lucini, L., Chiodelli, G., Giuberti, G., Montesano, D., Masoero, F., & Trevisan, M. (2017). Impact of boiling on free and bound phenolic profile and antioxidant activity of commercial gluten-free pasta. *Food Research International*, 100(August), 69–77.
- Santos, N. C., da Silva, W. P., Barros, S. L., Almeida, R. L. J., de Brito Araújo, A. J., & da Silva Nascimento, A. P. (2020). Red rice (*Oryza sativa* L.) use in flour production: Convective drying and bioactive quality. *Journal of Food Process Engineering*, 43(10), 1–10.
- Seesen, M., Semmarath, W., Yodkeeree, S., Sapbamrer, R., Ayood, P., Malasao, R., Ongprasert, K., Chittrakul, J., Siviroj, P., & Limtrakul, P. (2020). Combined black rice germ, bran supplement and exercise intervention modulate aging biomarkers and improve physical performance and lower-body muscle strength parameters in aging

- population. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 1–22.
- Shih, C. H., Siu, S. O., Ng, R., Wong, E., Chiu, L. C. M., Chu, I. K., & Lo, C. (2007). Quantitative analysis of anticancer 3-deoxyanthocyanidins in infected sorghum seedlings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(2), 254–259. <https://doi.org/10.1021/jf062516t>
- Shim, T. J., Kim, T. M., Jang, K. C., Ko, J. Y., & Kim, D. J. (2013). Toxicological evaluation and anti-inflammatory activity of a golden gelatinous sorghum bran extract. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 77(4), 697–705.
- Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G., & Berghofer, E. (2011). Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry*, 124(1), 132–140.
- Stefoska-Needham, A., Beck, E. J., Johnson, S. K., Chu, J., & Tapsell, L. C. (2016). Flaked sorghum biscuits increase postprandial GLP-1 and GIP levels and extend subjective satiety in healthy subjects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 60(5), 1118–1128.
- Suryanti, V., Riyatun, Suharyana, Sutarno, & Saputra, O. A. (2020). Antioxidant activity and compound constituents of gamma-irradiated black rice (*Oryza sativa* L.) var. cempo ireng indigenous of Indonesia. *Biodiversitas*, 21(9), 4205–4212.
- Tan, X. W., Kobayashi, K., Shen, L., Inagaki, J., Ide, M., Hwang, S. S., & Matsuura, E. (2020). Antioxidative attributes of rice bran extracts in ameliorative effects of atherosclerosis-associated risk factors. *Heliyon*, 6(12), e05743.
- Tantipaiboonwong, P., Pintha, K., Chaiwangyen, W., Chewonarin, T., Pangjit, K., Chumphukam, O., Kangwan, N., & Suttajit, M. (2017). Anti-hyperglycaemic and anti-hyperlipidaemic effects of black and red rice in streptozotocin-induced diabetic rats. *ScienceAsia*, 43(5), 281–288.
- Toda, K., Tsukayama, I., Nagasaki, Y., Konoike, Y., Tamenobu, A., Ganeko, N., Ito, H., Kawakami, Y., Takahashi, Y., Miki, Y., Yamamoto, K., Murakami, M., & Suzuki-Yamamoto, T. (2020). Red-kerneled rice proanthocyanidin inhibits arachidonate 5-lipoxygenase and decreases psoriasis-like skin inflammation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 689
- Tomas, M., Rocchetti, G., Ghisoni, S., Giuberti, G., Capanoglu, E., & Lucini, L. (2020). Effect of different soluble dietary fibres on the phenolic profile of blackberry puree subjected to in vitro gastrointestinal digestion and large intestine fermentation. *Food Research International*, 130(September 2019).
- Upanan, S., Yodkeeree, S., Thippraphan, P., Punfa, W., Wongpoomchai, R., & Dejkriengkraikul, P. L. (2019). The proanthocyanidin-rich fraction obtained from red rice germ and bran extract induces HepG2 hepatocellular carcinoma cell apoptosis. *Molecules*, 24(4), 6–10. <https://doi.org/10.3390/molecules24040813>
- Van Hung, P., Binh, V. T., Nhi, P. H. Y., & Phi, N. T. L. (2020). Effect of heat-moisture treatment of unpolished red rice on its starch properties and in vitro and in vivo digestibility. *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.071>
- Wang, D., Wei, X., Yan, X., Jin, T., & Ling, W. (2010). Protocatechuic acid, a metabolite of anthocyanins, inhibits monocyte adhesion and reduces atherosclerosis in apolipoprotein E-deficient mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(24), 12722–12728.
- Wang, Q., Han, P., Zhang, M., Xia, M., Zhu, H., Ma, J., Hou, M., Tang, Z., & Ling, W. (2007). Supplementation of black rice pigment fraction improves antioxidant and

- anti-inflammatory status in patients with coronary heart disease. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 16(SUPPL.1), 295–301.
- Wen, H.L., Lin, L.W., & Ma, J. (2002). Supplementation of the black rice outer layer fraction to rabbits decreases atherosclerotic plaque formation and increases antioxidant status. *Journal of Nutrition*, 132(1), 20–26.
- Wen, H.L., Cheng, Q.X., Ma, J., & Wang, T. (2001). Red and black rice decrease atherosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits. *Journal of Nutrition*, 131(5), 1421–1426.
- Widodo, S., & Sirajuddin, S. (2018). Nutrition Improvement of Elementary Students with Intervention of Tilapia Fish Flour and Sardine Fish Flour Based Biscuits. *Asian Journal of Applied Sciences*, 6(6), 415–422.
- Winarti, W., Bayu, E. S., & Damanik, R. I. (2018). Keragaan Morfologi dan Kandungan Antosianin Padi Beras Merah (*Oryza sativa* L.) di Kecamatan Munte dan Kecamatan Payung, Kabupaten Karo. *Jurnal Pertanian Tropik*, 5(3), 391–403.
- Xia, M., Ling, W. H., Ma, J., Kitts, D. D., & Zawistowski, J. (2003). Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. *Journal of Nutrition*, 133(3), 744–751.
- Xiong, Y., Zhang, P., Warner, R. D., & Fang, Z. (2019). Sorghum Grain: From Genotype, Nutrition, and Phenolic Profile to Its Health Benefits and Food Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6), 2025–2046.
- Yang, L., Allred, K. F., Dykes, L., Allred, C. D., & Awika, J. M. (2015). Enhanced action of apigenin and naringenin combination on estrogen receptor activation in non-malignant colonocytes: Implications on sorghum-derived phytoestrogens. *Food and Function*, 6(3), 749–755.
- Zawistowski, J., Kopec, A., & Kitts, D. D. (2009). Effects of a black rice extract (*Oryza sativa* L. indica) on cholesterol levels and plasma lipid parameters in Wistar Kyoto rats. *Journal of Functional Foods*, 1(1), 50–56.
- Zhang, G., & Hamaker, B. R. (2009). Slowly digestible starch: Concept, mechanism, and proposed extended glycemic index. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(10), 852–867.

- Velu N., Divakar K., Nandhinidevi G. & Gautam P. (2012). Lipase from *Aeromonas caviae* AU04: Isolation, Purification and Protein Aggregation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 1: 45–50.
- Wang, W.X., Wu, H., Ho, C.T. & Weng, X.C. (2006). Cocoa Butter Equivalent from Enzymatic Interesterification of Tea Seed Oil and Fatty Acid Methyl Ester. *J. Food Chemistry* 97 : 661-665.
- Wang Y.H., Qin X.L., Zhu Q.S., Zhou R., Yang B. & Li, L. (2010). Lipase-catalyzed acidolysis of lard for the production of human milk fat substitute. *Eur Food Res Technol* 230:769–777
- Willis W.M. & Marangoni A.G.. (2002). Enzymatic Interesterification. Dalam: *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. Akoh, C.C dan D.B. Min (Ed). Marcel Dekker, New York.
- Wong H. & Schotz M.C. (2002). The Lipase Gene Family. *Journal of Lipid Reseach*. 43 : 993-99.
- Zarevúckaa M., Rejzeka M., Hoskoveca M., Svatos A., Wimmerra Z., Kouteka B. & Marie-Dominique L. (1997). Initial Water Content and Lipase-Mediated Ester Formation in Hexane. *Biotechnology Letters*, 19 (8) : 745–750
- Zou X., Jianhua Huang J., Jin Q., Liu, Y., Song Z. & Wang, X. (2012). Lipase-Catalyzed Synthesis of Human Milk Fat Substitutes from Palm Stearin in a Continuous Packed Bed Reactor. *J Am Oil Chem Soc* 89:1463–1472

Potensi Inovasi Pangan Berbasis Underutilized Cereals Sebagai Pendukung Ketercapaian Sustainable Development Goals

ORIGINALITY REPORT

1 %

SIMILARITY INDEX

2 %

INTERNET SOURCES

0 %

PUBLICATIONS

0 %

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

vdocuments.site

Internet Source

1 %

2

repository.ub.ac.id

Internet Source

1 %

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 1%