

## TANAMAN PANGAN FUNGSIONAL KAYA ANTIOKSIDAN

Buku Tanaman Pangan Fungsional Kaya Antioksidan ini sangat sesuai digunakan sebagai pegangan bagi mahasiswa, peneliti, penyuluh, petani, produsen benih, serta pengambil kebijakan dalam pengembangan tanaman pangan fungsional kaya antioksidan di Indonesia. Buku ini memberikan petunjuk tentang:

- Definisi pangan fungsional;
- Manfaat pangan fungsional kaya antioksidan;
- Jenis tanaman pangan fungsional kaya antioksidan;
- Varietas unggul tanaman pangan fungsional kaya antioksidan;
- Budidaya tanaman pangan fungsional kaya antioksidan; dan
- Produk olahan pangan fungsional kaya antioksidan.



Sekretariat Badan Litbang Pertanian  
Jl. Ragunan No. 29 Pasar Minggu, Jakarta 12540  
Telp.: 62 21 7806202, Faks.: 62 21 7800644  
website: [www.litbang.pertanian.go.id](http://www.litbang.pertanian.go.id)  
email: [iaardpress@litbang.pertanian.go.id](mailto:iaardpress@litbang.pertanian.go.id)



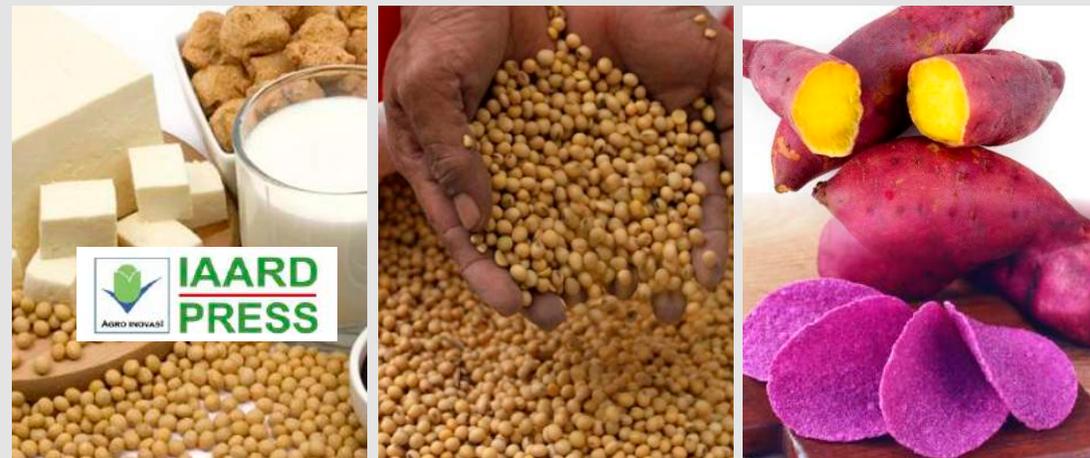
Tanaman Pangan Fungsional Kaya Antioksidan

S Joni Munarso dan Nur Richana



# Tanaman Pangan Fungsional Kaya Antioksidan

Editor:  
S Joni Munarso  
Nur Richana



# **TANAMAN PANGAN FUNGSIONAL KAYA ANTIOKSIDAN**



# TANAMAN PANGAN FUNGSIONAL KAYA ANTIOKSIDAN

## **Penulis:**

Made J. Mejaya  
Haris Syahbuddin  
Yuliantoro Baliadi  
Agus W. Anggara  
Ronald Hutapea  
Erliana Ginting  
Febria C. Indriani  
M. Muclish Adie  
Muchdar Soedarjo  
Yudi Widodo  
Joko S. Utomo  
Bambang S. Koentjoro  
M. Yasin H.G.

## **Editor:**

S Joni Munarso  
Nur Richana



## Tanaman Pangan Fungsional Kaya Antioksidan

Cetakan I: 2020

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

@IAARD Press

---

Katalog dalam Terbitan (KDT)

---

MEJAYA, Made Jana *et al*

Tanaman Pangan Fungsional Kaya Antioksidan/Made Jana Mejaya,

Editor Munarso, S Joni. -- Jakarta : IAARD Press, 2020.

xiv, 114 hlm.; 21 cm

ISBN: 978-602-344-285-0

633.1/4

1. Tanaman Pangan 2. Fungsional 3. Kaya Antioksidan

I. Judul II. Munarso Joni S, III. Richana, Nur

---

Editor : S Joni Munarso  
Nur Richana

Penulis : Made Jana Mejaya  
Haris Syahbuddin  
Yuliantoro Baliadi  
Agus W. Anggara  
Erliana Ginting  
Febria Cahyani Indriani  
M. Muclish Adie  
Ronald T.P. Hutapea  
Muchdar Soedarjo  
Yudi Widodo  
Joko S. Utomo  
Bambang Sri Koentjoro  
M. Yasin HG

Penata letak : Edi Hikmat  
Perancang cover : Irin Yurisul Chivdho

Pencetakan Buku ini dibiayai DIPA Puslitbangtan 2020

Penerbit:

IAARD Press

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian Jalan Ragunan  
29, Pasarminggu, Jakarta 12540

Email: [iaardpress@litbang.pertanian.go.id](mailto:iaardpress@litbang.pertanian.go.id)

Anggota IKAPI No.445/DKI/2012

# PRAKATA

**B**uku Tanaman Pangan Fungsional Kaya Antioksidan ini membahas hasil-hasil penelitian tanaman pangan padi, jagung, kedelai dan ubi jalar tentang kebutuhan pangan nasional, varietas-varietas unggul tanaman pangan fungsional, teknologi budi daya, dan produk olahan pangan fungsional kaya antioksidan.

Peran ubi jalar sebagai sumber karbohidrat yang kaya antioksidan untuk mendukung ketahanan pangan ke depan cukup strategis, karena hasil per hektar (produktivitas) ubi jalar lebih tinggi yaitu tiga kali dibandingkan dengan produktivitas padi dan jagung. Ubi jalar juga dapat ditanam pada lahan yang kurang subur (potensial) dibandingkan dengan padi, terutama di luar Jawa yang masih tersedia lahan yang cukup luas untuk pengembangan ubi jalar.

Terimakasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Kami sangat mengharapkan saran dari pembaca untuk penyempurnaan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat dalam pengembangan tanaman pangan fungsional kaya antioksidan guna mendukung diversifikasi pangan dan swasembada pangan berkelanjutan, serta tercapainya masyarakat yang sehat dan produktif.

Penulis



# PENGANTAR

**K**ita tentu pernah mendengar sebuah frasa “You are what you eat”. Ini bukan sebuah peribahasa, tetapi fakta bahwa apa yang kita makan akan merepresentasikan diri kita. Sejak digaungkan melalui sebuah buku (Victor Lindlahr, 1940), frasa ini seolah menjadi sebuah gaya hidup baru, yaitu gaya hidup sehat. Masyarakat konsumen tidak cukup dengan ketersediaan pangan, tetapi pangan harus berkualitas, aman dan berkontribusi dalam menjaga kesehatan tubuh. Sejak itu pula muncul istilah pangan fungsional, yaitu pangan yang mempunyai kandungan komponen aktif yang dapat memberikan manfaat bagi kesehatan.

Merespon tren permintaan masyarakat sebagai konsumen pangan, sejumlah riset untuk menyediakan bahan pangan yang bersifat fungsional banyak dilakukan, salah satunya oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Cakupan riset pangan fungsional tersebut meliputi tuntutan kandungan gizi yang lebih baik, kadar antioksidan tinggi, kadar zat besi, zinc maupun iodium tinggi, rendah indeks glikemik, dan sebagainya.

Pangan fungsional beberapa tahun terakhir banyak dibahas, dikaji dan dibukukan oleh peneliti maupun peminat. Pangan fungsional yang terkandung di tanaman pangan, yang hari-hari di konsumsi, belum banyak di bahas. Pangan fungsional pada beras, jagung, kedelai dan ubi jalar terutama sifat antioksidannya belum banyak dibukukan.

Kemajuan teknologi pangan, meliputi pemuliaan, budidaya tanaman, dan pengolahan hasil, membuat tanaman pangan

khususnya padi, jagung, kedelai dan ubi jalar dapat menghasilkan tanaman yang tangguh, produktif dan mempunyai pangan fungsional tinggi, Buku ini yang membahas tentang tanaman pangan fungsional kaya antioksidan, akan membuka pandangan yang mengantar kita lebih mudah memahami perkembangan teknologi maju.

Buku ini menyajikan perkembangan terkini hasil riset pangan fungsional, khususnya dari kelompok tanaman pangan (padi, jagung, kedelai, dan aneka umbi), yang dapat berperan sebagai sumber antioksidan yang tinggi. Berbagai isu terkait disampaikan mengalir dalam buku ini, mulai dari situasi umum produksi pangan, cakupan pangan fungsional, perolehan varietas tanaman pangan yang kaya antioksidan, hingga kemajuan teknik pemuliaan, budidaya dan pengolahan untuk tanaman pangan spesifik ini.

Buku ini sangat bermanfaat bagi peneliti, penyuluh, mahasiswa, petani atau mereka yang menaruh perhatian dan ingin memperluas wawasannya tentang pangan fungsional.

Jakarta, April 2020

Editor

# DAFTAR ISI

PRAKATA .....	v
PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
I. PRODUKSI PANGAN NASIONAL.....	1
1.1. Produksi Pangan Nasional.....	1
1.2. Peranan Pangan Fungsional dan Antioksidan.....	6
II. TANAMAN PANGAN KAYA ANTIOKSIDAN .....	11
2.1. Ubi jalar.....	11
2.2. Jagung .....	13
2.3. Padi.....	16
2.4. Kedelai .....	17
III. VARIETAS UNGGUL TANAMAN PANGAN FUNGSIONAL.....	21
3.1. Varietas Unggul Ubi Jalar Fungsional.....	22
3.2. Varietas Unggul Jagung Fungsional.....	29
3.3. Varietas Unggul Padi Fungsional .....	37
3.4. Varietas Unggul Kedelai Fungsional.....	40
IV. BUDI DAYA TANAMAN PANGAN FUNGSIONAL.....	45
4.1. Ubi Jalar Fungsional.....	46
4.2. Jagung Fungsional.....	50
4.3. Padi Fungsional .....	54
4.4. Kedelai Fungsional.....	56
V. PRODUK OLAHAN PANGAN FUNGSIONAL .....	59
5.1. Produk Olahan Ubi Jalar Fungsional.....	59
5.2. Produk Olahan Jagung Fungsional.....	65
5.3. Produk Olahan Beras Fungsional .....	68
5.4. Produk Olahan Kedelai Fungsional.....	70

VI. DIVERSIFIKASI PANGAN.....	77
6.1. Diseminasi Pangan Fungsional Kaya Antioksidan .....	81
6.2. Pemanfaatan Lahan Sub-optimal atau Perkebunan .....	84
DAFTAR PUSTAKA .....	87
INDEKS.....	109
TENTANG PENULIS.....	113

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Produksi, luas panen, dan produktivitas tiga provinsi produsen padi terbesar di Indonesia tahun 2018.....	26
Tabel 1.2.	Produksi, luas panen, dan produktivitas tiga provinsi produsen jagung terbesar di Indonesia tahun 2018.....	3
Tabel 1.3.	Produksi, luas panen, dan produktivitas tiga provinsi produsen kedelai terbesar di Indonesia tahun 2018.....	4
Tabel 1.4.	Produksi, luas panen, dan produktivitas tiga provinsi produsen ubi jalar terbesar di Indonesia tahun 2018.....	5
Tabel 1.5.	Rata-rata nasional konsumsi kalori dan protein per kapita per hari, 2017 dan 2018 .....	5
Tabel 1.6.	Rata-rata nasional konsumsi pangan per kapita per minggu pada tahun 2017 dan 2018 .....	6
Tabel 2.1.	Unsur pangan fungsional jagung dan manfaatnya .....	15
Tabel 2.2.	Indeks kimia asam amino jagung biasa vs QPM .....	15
Tabel 3.1.	Tetua, potensi hasil, dan kadar bahan kering varietas unggul ubi jalar berkadar beta karotin tinggi.....	26
Tabel 3.2.	Karakteristik fisiko kimia varietas unggul ubi jalar berkadar beta karotin tinggi.....	26
Tabel 3.3.	Tetua, potensi hasil, dan kadar bahan kering varietas unggul ubi jalar berkadar antosianin tinggi .....	28
Tabel 3.4.	Karakteristik kadar fisiko kimia varietas unggul ubi jalar berkadar antosianin tinggi.....	28
Tabel 3.5.	Tetua dan potensi hasil varietas unggul jagung QPM.	32
Tabel 3.6.	Kadar antioksidan varietas unggul jagung QPM.....	34
Tabel 3.7.	Tetua dan potensi hasil varietas unggul jagung provitamin A .....	35

Tabel 3.8.	Kadar antioksidan dan protein varietas unggul jagung provitamin A.....	35
Tabel 3.9.	Tetua persilangan dan potensi hasil varietas unggul jagung fungsional antioksidan .....	37
Tabel 3.10.	Kadar antioksidan varietas unggul jagung ungu.....	37
Tabel 3.11.	Karakteristik varietas unggul padi berkadar antosianin tinggi .....	39
Tabel 3.12.	Tetua persilangan dan potensi hasil varietas unggul padi berkadar antosianin tinggi .....	39
Tabel 3.13.	Karakteristik varietas unggul kedelai isoflavon.....	41
Tabel 3.14.	Tetua persilangan dan potensi hasil varietas unggul kedelai isoflavon.....	41
Tabel 3.15.	Aktivitas antioksidan biji kedelai warna kulit hitam ...	42
Tabel 3.16.	Tetua persilangan dan potensi hasil varietas kedelai hitam.....	43
Tabel 4.1.	Potensi hasil, umur panen, dan ketahanan terhadap hama/penyakit varietas unggul ubi jalar kaya antioksidan .....	48
Tabel 4.2.	Potensi hasil, umur panen, dan ketahanan terhadap hama/penyakit varietas unggul jagung kaya antioksidan .....	50
Tabel 4.3.	Potensi hasil, umur panen, dan ketahanan terhadap hama/penyakit varietas unggul padi kaya antioksidan.....	56
Tabel 4.4.	Potensi hasil, umur panen, dan ketahanan terhadap hama/penyakit varietas unggul kedelai kaya antioksidan.....	58
Tabel 5.1.	Ukuran biji dan komposisi kimia varietas kedelai hitam dan kedelai kuning.....	74
Tabel 5.2.	Sifat fisik dan kimia biji varietas kedelai hitam dan kuning serta sifat kimia dan sensoris kecap manis.....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Warna daging umbi segar varietas unggul ubi jalar berkadar beta karotin tinggi.....	27
Gambar 3.2. Warna daging umbi segar varietas unggul ubi jalar berkadar antosianin tinggi Antin-1, Antin-2, dan Antin-3 .....	29
Gambar 3.3. Warna biji varietas unggul jagung QPM kaya antioksidan.....	34
Gambar 3.4. Warna biji varietas unggul jagung provitamin A....	36
Gambar 3.5. Warna biji varietas unggul jagung ungu kaya antioksidan dan jagung normal Pulut URI-1 .....	37
Gambar 3.6. Galur beras hitam dan Inpari 24 .....	40
Gambar 3.7. Kedelai kaya isoflavon varietas Devon-1 dan Devon-2 .....	42
Gambar 3.8. Kedelai hitam varietas Detam-1 dan Detam-3 Prida.....	43
Gambar 4.1. Produk olahan pangan dengan bahan baku ubi jalar ungu.....	49
Gambar 5.1. Produk olahan pangan dengan bahan baku ubi jalar ungu.....	62
Gambar 5.2. Produk olahan pangan dengan bahan baku biji jagung .....	66
Gambar 5.3. Aneka produk olahan pangan berbahan baku beras.....	69
Gambar 5.4. Aneka produk olahan pangan berbahan baku kedelai.....	72
Gambar 5.5. Aneka produk olahan pangan berbahan baku kedelai.....	72



# Bab 1.

## PRODUKSI PANGAN NASIONAL

*Haris Syahbuddin, Agus W. Anggara, dan Made J. Mejaya*

**K**ebutuhan pangan di Indonesia terutama beras, jagung dan kedelai meningkat setiap tahunnya seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri pangan dan pakan sehingga dari sisi ketahanan pangan nasional fungsinya menjadi amat penting dan strategis. Peningkatan kebutuhan pangan tersebut menyebabkan perlunya peningkatan produksi yang ditentukan oleh peningkatan luas panen dan produktivitas.

Dalam pembangunan pertanian yang berkelanjutan, tugas utama pemerintah Indonesia adalah menyediakan pangan yang cukup, bermutu, dan harga yang terjangkau bagi masyarakat guna memperkuat ketahanan nasional. Pemerintah telah menetapkan program untuk mencapai swasembada tiga komoditas pangan unggulan nasional (beras, jagung, dan kedelai) secara berkelanjutan bahkan menjadi lumbung pangan dunia pada tahun 2045.

### **1.1. Produksi Pangan Nasional**

Indonesia memiliki program sebagai lumbung pangan dunia tahun 2045 dengan target produksi padi sebesar 100,03 juta ton GKG atau setara dengan 61,06 juta ton beras dengan luas tanam 17,83 juta ha dan produktivitas 5,90 ton/ha. Tercapainya target

produksi diharapkan Indonesia menguasai 20% pangsa pasar beras dunia pada tahun 2045 sehingga berperan sebagai salah satu eksportir beras dunia (Sulaiman *et al.* 2018). Untuk mencapai sasaran ekspor beras maka harus didukung dengan peningkatan luas panen dan produktivitas setiap tahun.

Pada tahun 2018 produksi padi nasional mencapai 56,54 juta ton (setara 32,42 juta ton beras), luas panen 10,90 juta ha dengan produktivitas 5,19 ton/ha (BPS 2019). Pulau Jawa masih sebagai produsen gabah tertinggi di Indonesia terutama dari tiga Provinsi (Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat) yang menyumbang 52,3% terhadap produksi gabah nasional (Tabel 1.1.).

Tabel 1.1. Produksi, luas panen, dan produktivitas tiga provinsi produsen padi terbesar di Indonesia tahun 2018.

No.	Provinsi	Produksi (juta ton)	Luas Panen (juta ha)	Produktivitas (ton/ha)
1	Jawa Timur	10,54	1,83	5,76
2	Jawa Barat	9,54	1,69	5,64
3	Jawa Tengah	9,51	1,68	5,66
	Nasional	56,54	10,90	5,19

Sumber: BPS (2019)

Kebutuhan jagung domestik meningkat 3,77 % setiap tahun seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri pangan dan pakan. Diperkirakan lebih dari 60% kebutuhan jagung dalam negeri digunakan untuk pakan, sedangkan untuk konsumsi pangan hanya sekitar 24%, sisanya untuk kebutuhan industri lainnya dan benih (14%). Pada tahun 2045 Indonesia menargetkan sebagai pengeksportir jagung terbesar ke-7 di dunia. Pada tahun 2045 produksi jagung ditargetkan 63,16 juta ton, sehingga 1,20 juta ton di antaranya dapat dieksportir ke pasar global (Sulaiman *et al.* 2018).

Tahun 2018, produksi jagung 30,06 juta ton dengan luas panen 5,73 juta ha dan produktivitas 5,24 ton/ha. Pulau Jawa masih sebagai produsen jagung tertinggi di Indonesia terutama dari dua Provinsi (Jawa Timur dan Jawa Tengah) yang menyumbang 34% terhadap produksi jagung nasional (Tabel 1.2.). Permasalahan yang ada pada peningkatan produksi jagung yaitu terbatasnya lahan untuk program perluasan luas tanam dan masih rendahnya produktivitas nasional dibandingkan dengan potensi hasil penelitian yang dapat mencapai di atas 10 ton/ha dengan menggunakan varietas unggul jagung hibrida. Produktivitas jagung negara eksportir besar seperti Amerika Serikat yaitu 9,5 ton/ha, Argentina 7,5 ton/ha dan negara Uni Eropa 6,2 ton/ha (Kementan 2016; 2017).

Tabel 1.2. Produksi, luas panen, dan produktivitas tiga provinsi produsen jagung terbesar di Indonesia tahun 2018.

No.	Provinsi	Produksi (juta ton)	Luas Panen (juta ha)	Produktivitas (ton/ha)
1	Jawa Timur	6,53	1,28	5,13
2	Jawa Tengah	3,69	0,61	6,09
3	Lampung	2,58	0,48	5,31
	Nasional	30,06	5,73	5,24

Sumber: Kementan (2020)

Konsumsi kedelai di Indonesia terus meningkat, dengan rata-rata kebutuhan 2,3 juta ton biji kering/tahun, sedangkan produksi rata-rata 5 tahun terakhir hanya mampu mencapai 0,98 juta ton biji kering/tahun atau 43% dari kebutuhan dan sisanya 57% harus impor. Target produksi tahun 2045 sebesar 7,7 juta ton, dengan surplus 2,9 juta ton (Sulaiman *et al.* 2018). Produksi kedelai pada 2018 yaitu 0,98 juta ton, produktivitas 1,44 ton/ha, dan luas panen 0,68 juta ha (Tabel 1.3).

Tabel 1.3. Produksi, luas panen, dan produktivitas tiga provinsi produsen kedelai terbesar di Indonesia tahun 2018.

No.	Provinsi	Produksi (juta ton)	Luas Panen (ribu ha)	Produktivitas (ton/ha)
1	Jawa Timur	0,24	166,5	1,47
2	Jawa Tengah	0,13	78,5	1,76
3	Jawa Barat	0,13	74,1	1,68
	Nasional	0,98	680,4	1,44

Sumber: Kementan (2020)

Permasalahan yang ada pada peningkatan produksi kedelai yaitu terbatasnya lahan untuk program perluasan luas tanam (dan cenderung menurun setiap tahun), masih rendahnya produktivitas nasional, harga jual saat panen raya yang tidak menentu, serta nilai kompetitif kedelai yang lebih rendah dibandingkan padi dan jagung. Pengembangan kedelai dalam skala yang lebih luas diharapkan berkontribusi nyata terhadap peningkatan produksi nasional. Beberapa varietas unggul baru mampu berproduksi 3 ton/ha.

Di samping tiga komoditas tanaman pangan unggulan nasional (padi/beras, jagung, dan kedelai) tersebut, terdapat satu komoditas tanaman pangan yang memiliki prospek untuk dikembangkan secara nasional yaitu ubi jalar. Peran ubi jalar sebagai sumber karbohidrat untuk mendukung ketahanan pangan ke depan yang berorientasi bioindustri cukup strategis, karena hasil per hektar (produktivitas) ubi jalar yang mencapai 18 ton/ha yaitu jauh lebih tinggi dibandingkan dengan padi dan jagung yang masing-masing mencapai 5 ton/ha. Produksi nasional ubi jalar pada 2018 yaitu 1,91 juta ton, produktivitas 18,02 ton/ha, dan luas panen 106.200 ha atau 0,11 juta ha (Tabel 1.4). Ubi jalar juga dapat ditanam pada lahan yang kurang subur (atau potensial) dibandingkan dengan padi.

Tabel 1.4. Produksi, luas panen, dan produktivitas tiga provinsi produsen ubi jalar terbesar di Indonesia tahun 2018.

No.	Provinsi	Produksi (juta ton)	Luas Panen (ribu ha)	Produktivitas (ton/ha)
1	Jawa Barat	0,55	22,4	24,48
2	Papua	0,25	18,5	13,55
3	Jawa Timur	0,26	10,0	25,67
	Nasional	1,91	106,2	18,02

Sumber: Kementan (2020)

Di Indonesia, rata-rata nasional konsumsi kalori per kapita per hari pada tahun 2017 dan 2018 tergolong tidak mengalami perubahan yaitu masing-masing sebesar 2.152,64 dan 2.147,09 kkal. Sedangkan untuk konsumsi protein per kapita per hari pada tahun 2017 dan 2018 masing-masing sebesar 62,20 dan 62,19 gram (Tabel 1.5).

Tabel 1.5. Rata-rata nasional konsumsi kalori dan protein per kapita per hari, 2017 dan 2018.

Jenis Konsumsi	Konsumsi per kapita per hari	
	2017	2018
Kalori (kkal)	2.152,64	2.147,09
Protein (gram)	62,20	62,19

Sumber: BPS (2019)

Pemenuhan kebutuhan karbohidrat masih didominasi oleh beras yang berasal dari padi. Rata-rata nasional konsumsi beras per kapita per minggu pada tahun 2017 dan 2018 masing-masing sebesar 1,57 dan 1,55 kg, atau sekitar 82 kg per kapita per tahun. Sedangkan sumber karbohidrat lain (terigu/gandum dan ubikayu) konsumsi per kapita per minggu berkisar antara 0,05 hingga 0,12 kg, atau sekitar 2,61 hingga 6,26 kg per kapita per tahun. Sementara untuk sumber protein nabati berasal dari kedelai terutama untuk tahu dan tempe per kapita per minggu masing-masing sebesar dan 0,16 dan 0,15 kg atau sekitar 7,82 kg per kapita

per tahun (Tabel 1.6). Kebutuhan beras telah terpenuhi dari produksi dalam negeri (swasembada), ubikayu dan kedelai sebagian dari produksi dalam negeri, sedangkan terigu sepenuhnya masih tergantung impor.

Tabel 1.6. Rata-rata nasional konsumsi pangan per kapita per minggu pada tahun 2017 dan 2018.

No.	Jenis pangan	Konsumsi per kapita per minggu	
		2017 (kg)	2018 (kg)
1	Beras	1,57	1,55
2	Terigu	0,05	0,05
3	Ubi kayu	0,12	0,09
4	Tahu	0,16	0,16
5	Tempe	0,15	0,15

Sumber: BPS (2019)

## 1.2. Peranan Pangan Fungsional dan Antioksidan

Pangan fungsional adalah pangan yang karena kandungan komponen aktifnya dapat memberikan manfaat bagi kesehatan, di luar manfaat yang diberikan oleh zat-zat gizi yang terkandung di dalamnya. Pangan fungsional harus memenuhi persyaratan sensori, nutrisi dan fisiologis agar dapat berguna untuk terapi beberapa penyakit. Sifat fisiologis dari pangan fungsional ditentukan oleh komponen bioaktif yang terkandung di dalamnya, antara lain serat pangan, inulin, antioksidan, prebiotik dan probiotik (Suter 2013).

Beberapa pangan fungsional mengandung senyawa antioksidan. Antioksidan merupakan molekul yang mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi molekul lain. Sedangkan oksidasi merupakan reaksi kimia yang dapat menghasilkan radikal bebas, sehingga memicu reaksi berantai yang dapat merusak sel. Secara kimia, antioksidan merupakan

senyawa pemberi elektron (*electron donors*). Secara biologis antioksidan merupakan senyawa yang mampu menangkal atau meredam dampak negatif oksidan dalam tubuh seperti kerusakan elemen vital sel tubuh. Aktivitas antioksidan terjadi dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut dapat dihambat (Winarsi 2007).

Berdasarkan sumbernya, antioksidan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia dikelompokkan menjadi tiga yaitu: (a) Antioksidan yang sudah diproduksi di dalam tubuh manusia yang dikenal dengan antioksidan endogen atau enzim antioksidan (enzim Superoksida Dismutase (SOD), Glutation Peroksidase (GPx), dan Katalase (CAT)); (b) Antioksidan sintesis yang banyak digunakan pada produk pangan seperti Butil Hidroksi Anisol (BHA), Butil Hidroksi Toluena (BHT), propil galat dan Tert-Butil Hidroksi Quinon (TBHQ); dan (c) Antioksidan alami yang diperoleh dari bagian-bagian tanaman seperti kayu, kulit kayu, akar, daun, buah, bunga, biji dan serbuk sari seperti vitamin A, vitamin C, vitamin E dan senyawa fenolik (flavonoid) (Parwata, 2016).

Vitamin adalah nutrien organik yang mempunyai berbagai fungsi yang esensial dalam proses metabolisme, dibutuhkan dalam jumlah yang kecil dan harus disuplai dari makanan. Vitamin yang larut dalam lemak merupakan zat nonpolar dan molekul hidrofobik terdiri atas vitamin A, D, E, K sedangkan vitamin yang larut dalam air merupakan kelompok vitamin B kompleks dan vitamin C yang berfungsi sebagai kofaktor enzim. Vitamin yang larut dalam lemak kelebihannya di dalam tubuh akan menimbulkan gejala toksisitas sedangkan vitamin yang larut dalam air kelebihannya dalam tubuh dikeluarkan melalui urin, sehingga tidak berbahaya bagi tubuh. Kekurangan vitamin yang larut dalam air akan menimbulkan gejala penyakit degeneratif

(Satriani *et al.* 2013). Penyakit degeneratif merupakan masalah kesehatan yang serius dan menjadi penyebab kematian di Indonesia.

Pangan fungsional yang mengandung antioksidan mempunyai peran yang besar dalam mencegah penyakit degeneratif. Beberapa penyakit degeneratif seperti kanker, jantung koroner, katarak, penuaan dini, serta penyakit degeneratif lainnya dapat disebabkan oleh terjadinya penurunan fungsi organ tubuh akibat kerusakan sel yang dapat ditimbulkan oleh radikal bebas. Salahsatu penyebab penyakit degeneratif yaitu akibat adanya stres oksidatif yang diinduksi oleh radikal bebas (Wahdaningsih *et al.* 2011; Parwata 2016).

Radikal bebas adalah molekul, atom atau gugus yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada kulit (orbital) terluarnya sehingga sangat reaktif dan radikal seperti misalnya radikal bebas turunan oksigen reaktif (*reactive oxygen species*). Radikal bebas yang keberadaannya paling banyak dalam sistem biologis tubuh adalah radikal bebas turunan oksigen atau *reactive oxygen species* (ROS) dan *reactive nitrogen species* (RNS). Ketidakseimbangan jumlah radikal bebas dengan jumlah antioksidan endogen yang diproduksi tubuh seperti Superoksida dismutase (SOD), Glutation peroksidase (GPx) dan Catalase (CAT) disebut stres oksidatif (Parwata 2016). Radikal bebas ini cenderung mengadakan reaksi berantai yang apabila terjadi di dalam tubuh akan dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan yang berlanjut dan terus menerus. Tubuh tidak mempunyai sistem pertahanan antioksidan dalam jumlah berlebih sehingga tubuh membutuhkan antioksidan dari luar melalui makanan atau asupan nutrisi lainnya (Wahdaningsih *et al.* 2011).

Radikal bebas dapat berada di dalam tubuh karena adanya hasil samping dari proses oksidasi dan pembakaran sel yang berlangsung pada waktu bernafas, metabolisme sel, olahraga atau

aktivitas fisik yang berlebihan atau maksimal, peradangan, dan terpapar polusi dari luar tubuh seperti asap kendaraan, asap rokok, makanan, logam berat, industri dan radiasi matahari. Reaksi oksidasi yang melibatkan radikal bebas ini dapat merusak membran sel normal di sekitarnya dan merusak komposisi DNA sehingga dapat menyebabkan terjadinya suatu mutasi. Mutasi atau kerusakan komposisi suatu DNA dapat menyebabkan terjadinya beberapa penyakit degeneratif (Parwata 2016). Tubuh manusia memiliki sistem pertahanan endogen terhadap serangan radikal bebas terutama terjadi melalui peristiwa metabolisme sel normal dan peradangan. Jumlah radikal bebas dapat mengalami peningkatan yang diakibatkan faktor stres, radiasi, asap rokok dan polusi lingkungan menyebabkan sistem pertahanan tubuh yang ada tidak memadai (Wahdaningsih *et al.* 2011).

Mekanisme pencegahan dan penurunan komplikasi penyakit degeneratif yang ditimbulkan akibat radikal bebas antara lain dengan: (a) menjaga ketersediaan antioksidan dan vitamin di dalam tubuh utamanya tiamin (vitamin B1), piridoksal-5-fosfat (koenzim vitamin B6),  $\beta$ -alanin (vitamin B5), dan karnosin; dan (b) mereduksi pembentukan radikal bebas (Rahmadi dan Rohmah 2018).

Antioksidan diperlukan untuk mencegah terjadinya stres oksidatif, yang berperan penting pada terjadinya berbagai penyakit degeneratif. Keseimbangan antara oksidan dan antioksidan sangat penting karena berkaitan dengan kerja fungsi sistem imunitas tubuh, terutama untuk menjaga integritas dan berfungsinya membran lipid, protein sel, dan asam nukleat, serta mengontrol transduksi sinyal dan ekspresi gen dalam sel imun. Komponen utama penyusun membran sel adalah senyawa asam lemak tidak jenuh yang sangat sensitif terhadap perubahan keseimbangan oksidan-antioksidan (Winarsi 2007).

Mekanisme perlawanan tubuh terhadap stres oksidatif adalah melalui antioksidan endogen. Apabila jumlah radikal bebas dan spesies reaktif dalam tubuh melebihi kemampuan antioksidan endogen, maka tubuh memerlukan asupan antioksidan yang didapat dari makanan atau obat-obatan. Obat sintesis yang biasa digunakan sebagai antioksidan antara lain N-asetil sistein dan vitamin C. Peran antioksidan organosulfur selain sebagai antikanker melalui mekanisme apoptosis, juga sebagai antitrombosis. Baik N-asetil sistein maupun vitamin C pada hewan yang diinduksi stres oksidatif menggunakan karbon tetraklorida, menunjukkan kedua komponen tersebut berperan dalam pencegahan stres oksidatif. N-asetil sistein dan vitamin C berperan dalam pencegahan penyakit degeneratif karena sifat antioksidan yang dimilikinya (Werdhasari 2014).

Isu *stunting* (balita tumbuh pendek) masih menjadi permasalahan di beberapa negara termasuk di Indonesia. Pertumbuhan dan perkembangan tubuh juga dipengaruhi oleh Vitamin A yang merupakan zat gizi penting yang dibutuhkan oleh tubuh (Kapil & Sachdev 2013). Vitamin A tidak diproduksi oleh tubuh tetapi dari makanan sehari-hari, sehingga konsumsi komoditas kaya vitamin A sangat diperlukan. *Stunting* merupakan bentuk kegagalan pertumbuhan akibat akumulasi ketidakcukupan nutrisi yang berlangsung lama mulai dari kehamilan hingga usia 24 bulan (Bloem *et al.* 2013). Upaya untuk mencegah dampak akibat kurangnya gizi masyarakat dapat diatasi dengan mengkonsumsi komoditas pangan bernutrisi tinggi kaya antioksidan sebagai alternatif pangan sehat. Antosianin pada biji jagung ungu efektif mengurangi risiko terkena diabetes. Adiponektin yang diturunkan dari adiposit diperlukan untuk peningkatan fungsi endotelial yang dimediasi oleh antosianin C3G pada diabetes (Liu *et al.* 2014).

# Bab II.

## Tanaman Pangan Kaya Antioksidan

*Agus W. Anggara, Ronald Hutapea, dan Made J. Mejaya*

**S**emakin meningkatnya pengetahuan dan kesadaran masyarakat akan pentingnya hidup sehat, maka tuntutan akan kebutuhan pangan sehat juga meningkat, terutama masyarakat kelas ekonomi menengah ke atas di perkotaan. Bahan dan produk pangan harus memenuhi aspek gizi dan sifat sensorinya. Sifat pangan fungsional spesifik yang berperan dalam kesehatan telah menjadi pertimbangan penting. Perkembangan pangan fungsional meningkat seiring dengan meningkatnya penderita penyakit degeneratif dan populasi lansia, pengembangan produk komersial, adanya bukti atas manfaat komponen pangan fungsional, dan berkembangnya teknologi pangan (Suarni dan Yasin 2011; Suter 2013).

Mengonsumsi makanan dengan nutrisi dan protein yang baik berguna untuk kesehatan sehingga kita dapat menikmati hidup dengan cara yang lebih sehat (Kusumayanti *et al.* 2016). Empat komoditas tanaman pangan fungsional antara lain ubi jalar, padi, jagung, dan kedelai mempunyai kadar antioksidan tinggi sebagai fungsi gizi dasar pangan dan bermanfaat bagi kesehatan.

### **2.1. Ubi jalar**

Di Indonesia, tanaman ubi jalar (*Ipomoea batatas poiret*) dikonsumsi sebagai sumber karbohidrat yang banyak

mengandung vitamin, mineral serat, protein, dan polifenol yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Daging ubi ubi jalar yang berwarna kuning mengandung beta-karoten yang berfungsi sebagai provitamin A, yang dapat diubah menjadi vitamin A. Beta-karoten baik untuk kesehatan mata, dan dapat memberikan perlindungan terhadap kanker, penuaan dini, penurunan kekebalan penyakit jantung, *stroke*, katarak dan gangguan otot karena kemampuannya sebagai antioksidan untuk menangkal radikal bebas (Widowati 2010). Varietas ubi jalar orange (OFSP) khusus dikembangkan di Afrika Timur dalam upaya strategis untuk mengatasi defisiensi vitamin A (Tumwegamire *et al.* 2011).

Ubi jalar yang berwarna ungu merupakan sumber antosianin (pigmen yang menyebabkan daging ubi berwarna ungu) yang dapat berfungsi sebagai antioksidan, antimutagenik, dan antikarsinogenik. Antosianin berfungsi sebagai antioksidan yaitu dapat menangkap radikal bebas yang dapat mengurangi penyakit degeneratif dan mengurangi risiko terkena penyakit kanker dan mencegah terjadinya penuaan. Sebagai bahan pangan fungsional, ubi jalar sangat sesuai untuk diversifikasi pangan nonberas. Kandungan serat pangan yang bermanfaat untuk pencernaan dan indeks glikemiknya yang rendah sampai medium, juga merupakan nilai tambah ubi jalar sebagai pangan fungsional (Widowati 2010; Ginting *et al.* 2011; Saleh *et al.* 2012; Salim *et al.* 2017).

Ubi jalar yang berdaging ungu mengandung antosianin hingga 210 mg/100 g ubi. Tingginya kandungan antosianin dalam ubi jalar ungu bergantung pada intensitas warna ungu pada ubi. Semakin ungu warna ubi, semakin tinggi kandungan antosianinnya. Senyawa antosianin yang terdapat pada ubi jalar berfungsi sebagai antioksidan dan penangkap radikal bebas, sehingga berperan dalam mencegah terjadinya penuaan, kanker, dan penyakit degeneratif seperti arteriosklerosis (Jusuf *et al.* 2008;

Lim 2012). Antosianin dari ubi jalar lebih stabil dibandingkan dengan tanaman lainnya yang berwarna ungu atau merah (Bolívar dan Louis 2004).

Ubi jalar ungu juga mengandung serat tinggi di samping karbohidrat dengan glikemik rendah, antosianin, dan beta karoten yang cukup tinggi. Antioksidan yang dapat mengurangi risiko hipertensi dan diabetes melitus. Diet antioksidan, termasuk antosianin, melindungi sel  $\beta$ -pankreas dari pengaruh buruk radikal bebas dengan mengontrol kadar glukosa darah sehingga dapat mencegah terjadinya resisten insulin pada penderita diabetes melitus (Widowati dan Wargiono 2009; Widowati 2010; Ginting *et al.* 2012, Rahayu *et al.* 2012; Anjani *et al.* 2018; Mulyawanti *et al.* 2018). Senyawa fenol pada ubi jalar selain antosianin juga penting karena bersinergi dengan antosianin dalam menentukan aktivitas antioksidan. Pengujian ekstrak klon-klon ubi jalar ungu menunjukkan bahwa antosianin dan senyawa fenol berkorelasi positif dengan aktivitas antioksidan (Ginting *et al.* 2011). Hasil penelitian terhadap delapan klon ubi jalar yang mengandung beta karoten tinggi menunjukkan kisaran beta karoten antara 2.92-12.032  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  dengan warna daging umbi kuning muda sampai oranye tua (Ginting *et al.* 2006).

## 2.2. Jagung

Jagung (*Zea mays*) sebagai sumber karbohidrat dan protein dengan potensi zat aktif dapat digunakan sebagai bahan baku nutrisi pangan fungsional. Jagung kaya akan komponen pangan fungsional antara lain: serat pangan yang dibutuhkan tubuh, asam lemak esensial, isoflavon, mineral (Ca, Mg, K, Na, P, Ca dan Fe), beta-karoten (pro vitamin A), dan lainnya. Jagung memiliki kelebihan dibandingkan terigu (gandum) karena Fe tidak ada dalam terigu. Biji jagung memiliki warna yang beragam yaitu

putih, kuning, merah, jingga, ungu, dan hitam yang menunjukkan senyawa pigmen antosianin (antosianidin, aglikon, glukosida), karotenoid dan lainnya (Suarni 2009; Suarni dan Yasin 2011; Yasin *et al.* 2014). Unsur pangan fungsional jagung dan manfaat bagi kesehatan disajikan pada Tabel 2.1.

Kadar protein jagung cukup tinggi yaitu 8-11 persen, namun kualitas protein jagung pada umumnya (32%) jauh di bawah kualitas protein beras (79%). Hal ini disebabkan karena protein jagung kekurangan dua asam amino esensial, yaitu lisin dan triptofan (Widowati 2012). Pada jagung normal, proporsi rata-rata fraksi endosperma adalah 3% untuk albumin, 3% untuk globulin, 60% untuk zein, dan 34% untuk glutelin. Semua fraksi selain zein seimbang dan cukup kaya lisin dan triptofan. Fraksi zein sepenuhnya tanpa dua asam amino esensial yang penting, lisin dan triptofan. Pengurangan dalam fraksi zein menghasilkan peningkatan fraksi lisin dalam protein. Opaque-2 (o2) adalah mutasi resesif alami pada biji jagung dengan kadar lisin dan triptofan yang tinggi. Genotipe opak yang dimodifikasi dikenal sebagai Jagung Kualitas Protein atau Quality Protein Maize (QPM) telah meningkatkan kadar lisin asam amino esensial dan biji yang tampak normal (Moro *et al.* 1995; Vasal 2000; Sumbo and Victor 2014; Tamvar *et al.* 2019). Asam amino esensial dan indeks asam amino esensial jagung QPM masing-masing sebesar 36,96 dan 88,35 yaitu lebih tinggi dibandingkan dengan jagung biasa (Tabel 2.2).

Tabel 2.1. Unsur pangan fungsional jagung dan manfaatnya.

Unsur Pangan Fungsional	Sumber Bahan	Manfaat Bagi Kesehatan
Serat pangan	Jagung	Mengantisipasi kanker, menjaga kolesterol dan gula darah, menurunkan hipertensi; Mengantisipasi obesitas, tumbuh kembang sistem syaraf termasuk otak, dll.
Asam lemak esensial	Jagung	
$\beta$ -karoten (provitamin A) Antosianin	Jagung kuning/ungu/ merah	Antikanker, antipenuaan, anti-hiperlipidemia, antithrombotik, antivirus, antiangiogenik terkait pada penyakit jantung koroner, stroke, dll.
Asam amino esensial (Lisin dan Triptofan)	Jagung QPM	Membangun hubungan silang protein (kolagen, elastin), biosintesis karnitin; Prekursor serotonin/ nikotinamid (vit. B)
Mineral: Fe, Ca, P, Mg	Jagung merah; Jagung	Pembentukan sel darah merah, pembentukan tulang, pemeliharaan pertumbuhan, pemeliharaan kesehatan tulang, mempertahankan denyut jantung normal dan kekuatan tulang
Vitamin: B/Thiamin B/Niacin E, Asam folat B12	Jagung; Kernel jagung	Menjaga kesehatan syaraf dan fungsi kognitif; Mengantisipasi penyakit pellagra; Antioksidan dan membantu pertumbuhan; Mengantisipasi kelahiran bayi tidak normal; Mencegah anemia.

Sumber: Suarni dan Yasin (2011)

Tabel 2.2. Indeks kimia asam amino jagung biasa vs. QPM.

Indeks Kimia	Jagung Biasa	Jagung QPM
Total asam amino	50,20	63,50
Asam amino esensial	26,37	36,96
Asam amino nonesensial	23,83	26,54
Indeks asam amino esensial	63,04	88,35

Sumber: Sumbo and Victor (2014)

Peningkatan lisin dan triptofan pada jagung didasarkan pada mutan opa2 (o2). Mutan opaque16 (o16) meningkatkan kandungan lisin dan triptofan dalam endosperma jagung (Sarika *et al.* 2018). Opaque-2 (o2) yang merupakan mutasi resesif alami pada jagung menyebabkan peningkatan dua kali lipat kadar lisin dan triptofan dalam endosperma biji jagung karena penurunan sintesis protein zein dan peningkatan protein lisin dan triptofan. Kekurangan asam amino esensial seperti lisin dan triptofan dapat menyebabkan kekurangan gizi (Tripathy *et al.* 2017). Jagung QPM dapat digunakan sebagai pangan pokok yang setara kualitas gizinya dengan beras, bahkan kualitas protein jagung QPM (82%) lebih bagus dibandingkan dengan beras (Widowati 2012). Jagung QPM dan karotenoid endosperma menghasilkan nutrisi yang lebih unggul dibandingkan dengan jagung normal (Mbuya *et al.* 2011).

### **2.3. Padi**

Beberapa jenis padi yang dibudi dayakan petani di Indonesia untuk menghasilkan beras antara lain beras putih (*Oryza sativa* L.), beras merah (*Oryza nirvara*), dan beras hitam (*Oryza sativa* L.). Karakteristik fisikokimia tiap varietas beras berbeda tergantung kondisi lokasi tanam. Beras hitam memiliki kadar serat dan gula reduksi paling tinggi dibandingkan dengan beras merah dan beras putih (Hernawan dan Meylani, 2016). Pada beras merah dan beras hitam, antosianin yang ada di lapisan luar beras berkontribusi pada warna beras (Sivamaruthi *et al.* 2018). Dalam beras merah dan beras hitam, sejumlah besar pigmen antosianin disimpan di mantel beras untuk membentuk warna hitam coklat dan merah (Pengkumsri *et al.* 2015b; Chaiyasut *et al.* 2015).

Beras merah mengandung pigmen antosianin yang termasuk komponen flavonoid, yaitu turunan polifenol yang mempunyai kemampuan antioksidan, antikanker, dan antiatherogenik

(Indrasari1 *et al.* 2010). Beras hitam memiliki indeks glikemik yang rendah sehingga dapat dijadikan alternatif makanan selingan penderita DM tipe II. Diabetes melitus merupakan penyakit karena kelainan metabolik. Penderita diabetes melitus tipe II membutuhkan makanan selingan untuk mencukupi kebutuhan gizi serta mengontrol kadar glukosa darah (Agustina 2017).

Beras merah memiliki kadar protein yang tinggi serta serat yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis beras lainnya, sehingga dapat digunakan dalam perbaikan gizi dan untuk mengatasi kolesterol serta dalam menjalankan program diet. Berdasarkan hasil uji aktivitas antioksidan, beras merah memiliki aktivitas tertinggi di antara beberapa jenis beras yang diuji sehingga dapat digunakan untuk mengatasi penyakit degeneratif seperti *stroke*, diabetes dan sakit jantung. Beras hitam dapat dimanfaatkan dari air rebusannya karena mengandung antioksidan yang dapat dikonsumsi sebagai wedang (Azis *et al.* 2015).

## **2.4. Kedelai**

Kedelai sebagai salah satu bahan pangan fungsional memiliki kandungan isoflavon dan zat gizi lainnya yang bermanfaat untuk pencegahan berbagai penyakit degeneratif. Varietas unggul kedelai memiliki mutu fisik dan gizi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedelai impor sehingga prospektif untuk dikembangkan (Krisnawati 2017). Kedelai hitam sangat potensial untuk menjadi bahan baku minuman fungsional karena mengandung asam amino esensial, vitamin E, saponin, kaya akan antioksidan yaitu flavonoid, isoflavon dan antosianin (Wardani *et al.* 2014). Kedelai hitam memiliki aktivitas antioksidan tinggi sehingga kedelai hitam dan produk tempenya berpotensi untuk digunakan sebagai antioksidan alami (Sulistiani *et al.* 2012).

Isoflavon kedelai adalah *phytochemical* yang dapat memberikan efek perlindungan kesehatan. Isoflavon pada kedelai dapat mengurangi risiko kanker prostat dan risiko osteoporosis (Messina 1999; Achouri *et al.* 2005). Kadar isoflavon pada biji kedelai bervariasi dari 128 hingga 380 mg/100 g, dan yang dominan adalah genistein dan daidzein. Varietas unggul kedelai Devon 1 mengandung total isoflavon 221,97 mg/100 g dan varietas Devon 2 mengandung 30,37 mg/100 g untuk total genistein dan daidzein. Perkecambahan dan fermentasi meningkatkan kandungan isoflavon, dan pemanasan dapat mengubah struktur kimia isoflavon. Tingkat konsumsi protein kedelai 25 g/hari atau setara asupan isoflavon 37-62 mg/hari diperkirakan dapat memenuhi 83% dari kebutuhan isoflavon harian yang dianjurkan (Yulifianti *et al.* 2018). Antosianin hanya ada di kedelai hitam, sedangkan kedelai kuning tidak terdeteksi (Nurrahman 2015).

Peningkatan status antioksidan dapat dicapai dengan mengkonsumsi makanan yang mengandung antioksidan. Konsumsi makanan alami yang mengandung antioksidan akan memberi efek positif bagi kesehatan jika dikonsumsi secara teratur dengan dosis optimal dan efektif. Isoflavon adalah senyawa aktif dalam kedelai. Sebagai fenolik antioksidan, isoflavon memiliki peran potensial untuk perlindungan sel-sel dalam jaringan tubuh (Astuti 2008). Isoflavon kedelai dapat menurunkan kadar kolesterol (Tuhumury 2015) dan mengurangi insidensi penyakit jantung dan pembuluh darah. Diet kedelai ini berpotensi mendukung penurunan berat badan sekaligus pencegahan komorbid pada obesitas dan mengurangi insidensi penyakit hipertensi, diabetes mellitus serta penyakit jantung dan pembuluh darah (Alrasyid 2007).

Mengonsumsi kacang hitam, lentil, kedelai hitam, dan kacang merah merah berpotensi untuk mencegah perkembangan aterosklerosis (penyempitan pembuluh darah yang disebabkan

oleh penumpukan plak) dari perspektif menghambat oksidasi *low-density* lipoprotein (Xu *et al.* 2008). Hiperkolesterolemia merupakan salah satu faktor risiko penyakit jantung koroner. Kedelai mengandung protein, serat dan isoflavon yang dapat menurunkan kadar kolesterol total (Fitranti *et al.* 2016). Senyawa isoflavon dapat menurunkan kadar glukosa darah dalam keadaan hiperglikemia, dan mempunyai efek hipokolesterolemia (Suarsana *et al.* 2012).

Osteoporosis adalah penurunan bertahap dalam massa tulang seiring bertambahnya usia, yang menyebabkan meningkatnya kerapuhan dan patah tulang. Isoflavon yang ada pada tanaman terutama kedelai, dapat mengurangi keropos tulang pada wanita pascamenopause karena isoflavon memiliki struktur yang mirip dengan estrogen (Roudsari *et al.* 2005).



# Bab III.

## Varietas Unggul Tanaman Pangan Fungsional Kaya Antioksidan

*Made J. Mejaya, Febria C. Indriani, M. Muclish Adie, dan M. Yasin H.G.*

**Z**at gizi mikro didefinisikan sebagai semua vitamin dan mineral penting dalam makanan yang bermanfaat bagi kesehatan manusia dan diperlukan dalam jumlah kecil. Zat gizi mikro dalam bahan pokok tanaman pangan dapat ditingkatkan konsentrasinya melalui kegiatan pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas unggul sebagai cara untuk mengurangi defisiensi mikronutrien. Varietas unggul dapat dihasilkan baik secara konvensional maupun rekayasa genetika (Millera and Welcha 2013).

Varietas unggul dengan produktivitas tinggi dan yang memiliki zat gizi mikro dengan kadar yang diinginkan sebagai pangan fungsional dapat dikombinasikan dengan karakter tertentu untuk mengatasi kondisi lingkungan baik itu cekaman biotik maupun cekaman abiotik. Cekaman biotik dapat berupa serangan organisme pengganggu tanaman berupa hama dan/atau penyakit, sedangkan cekaman abiotik dapat berupa kekeringan, kemasaman lahan, dan sebagainya. Keuntungan penggunaan varietas unggul adalah tidak menyebabkan pencemaran lingkungan karena tidak meninggalkan residu. Dalam perakitan varietas unggul beberapa tahapan atau generasi persilangan dan seleksi diperlukan agar varietas yang dihasilkan memiliki

keunggulan dibandingkan dengan varietas yang sudah ada sebelumnya (populer) sebagai pembanding. Balitbangtan, Kementerian Pertanian melalui Balit Komoditas Tanaman Pangan telah melepas varietas unggul fungsional kaya antioksidan ubi jalar, jagung, padi, dan kedelai yang dihasilkan melalui proses pemuliaan tanaman.

### **3.1. Varietas Unggul Ubi Jalar Fungsional**

Pemuliaan ubi jalar ditujukan untuk perbaikan potensi genetik guna meningkatkan produktivitas dan nilai gizinya. Proses penggabungan genetik melalui persilangan terkendali dan persilangan terbuka untuk memperoleh klon-klon baru dilakukan untuk menghasilkan varietas unggul baru. Perbaikan potensi genetik ubi jalar secara umum meliputi tahapan: identifikasi tetua dari koleksi plasmanutfah, pembentukan populasi melalui persilangan bebas dan terkendali, dilanjutkan seleksi klonal terhadap populasi tanaman F1, yaitu tahap seleksi tanaman tunggal, seleksi baris tunggal, uji daya hasil pendahuluan, uji daya hasil lanjutan dan uji adaptasi.

Jumlah aksesori ubi jalar koleksi plasmanutfah di Balitkabi, Malang pada tahun 2019 sebanyak 331 aksesori. Hasil yang telah dicapai hingga tahun 2019 yaitu terkonservasinya 331 aksesori ubi jalar, didapatkan informasi karakter morfologi 331 aksesori ubi jalar, dan informasi karakter ketahanan terhadap hama tungau puru sebanyak 50 aksesori, informasi kadar pati (berat kering) 50 aksesori, dan kadar gula 50 aksesori, serta terkonservasinya 20 aksesori secara kultur jaringan. Berdasarkan kompatibilitasnya aksesori ubi jalar dapat dikelompokkan menjadi: grup A terdiri atas species yang bersifat self-compatible (SC): *Ipomoea lacunose*, *Ipomoea triloba*, *Ipomoea trichocarpa*, *Ipomoea tiliaceae* dan *Ipomoea gracilis*; grup B bersifat self-incompatible (SI) antara lain: *Ipomoea trifida*, *Ipomoea littoralis* dan *Ipomoea batatas* (Nisyiyama *et al.* 1971; Indriani *et al.*

2017). Species *Ipomoea* pada grup B memiliki tipe SI sporophytic, yaitu sistem self-incompatible yang terjadi apabila polen jatuh di atas kepala putik, namun tidak terjadi perkecambahan polen sehingga tidak terjadi pembuahan dan tidak terbentuk biji (Nisiyama *et al.* 1975). Sedangkan, jika dilakukan penyerbukan silang dan kompatibel, maka perkecambahan polen akan terjadi 10-20 menit setelah penyerbukan (Kowyama *et al.* 2000).

Pemilihan tetua persilangan sangat penting dalam perakitan varietas unggul ubi jalar berdaya hasil tinggi dan kaya antioksidan. Pada metode penyerbukan sendiri pada satu tanaman (*self pollination* atau *selfing*) umumnya menyebabkan sterilitas (mandul) dan hanya beberapa klon yang bersifat fertil (Wang 1982). Terdapat dua tipe sterilitas pada ubi jalar yaitu: (a). Sterilitas terjadi pada fase pre-polinasi, dijumpai adanya polen steril akibat terganggunya proses meiosis yang menghasilkan gamet-gamet yang tidak viabel dan tidak fungsional, dan (b) sterilitas terjadi akibat inkompatibilitas dalam proses fertilisasi yaitu terjadi pada fase post-polinasi yang disebabkan oleh: pollen-tube tidak mampu menembus stigma, pollen-tube tidak mampu melalui seluruh stylus, pollen-tube tidak berhasil dalam proses fertilisasi, ovul tidak berkembang, biji tidak mempunyai endosperm, biji tidak berkecambah, bibit lemah dan mati, bibit tidak tumbuh menjadi tanaman sempurna dan tanaman tidak berbunga (Martin 1982). Adanya sterilitas polen dan inkompatibilitas antara polen-stigma menjadi penyebab rendahnya pembentukan kapsul pada ubi jalar (Lestari 2010). Pada metode penyerbukan terbuka (*open pollination*), benih diperoleh dengan menanam klon-klon terpilih pada suatu areal yang sama dan persilangan terjadi secara alami dengan bantuan angin dan serangga. Peningkatkan keragaman genetik pada metode tersebut lebih rendah dibandingkan dengan persilangan terkendali, selain itu tidak efisien untuk studi genetik karena sumber polen (tetua jantan) tidak diketahui (Acquaah 2007).

Setelah dilakukan persilangan terkendali, maka diteruskan dengan uji adaptasi klon-klon ubi jalar kaya antosianin dan/atau kaya beta-karoten, berpotensi hasil tinggi ( $\geq 30$  t/ha) dan bahan kering tinggi ( $> 30\%$ ). Uji adaptasi dilaksanakan di beberapa sentra lokasi ubi jalar antara lain di Jawa Timur (kabupaten Pasuruan dan kabupaten Blitar) dan Jawa Barat (kabupaten Kuningan) pada MK I dan MK II. Uji adaptasi menggunakan rancangan acak kelompok (RAK), diulang tiga kali. Bahan penelitian sekitar 15 klon ubi jalar termasuk varietas pembanding yaitu varietas Antin untuk seleksi kadar antosianin tinggi atau varietas Beta untuk seleksi kadar beta-karoten tinggi. Setiap klon ditanam pada plot berukuran 5 m x 5 m dengan jarak tanam 100 cm x 25 cm (1 stek per lubang). Data yang diamati meliputi: Jumlah dan bobot umbi/plot, indeks panen, produksi bahan kering tinggi, bobot berangkasan, bahan kering umbi, warna kulit dan daging umbi, panjang dan diameter umbi dari 5 tanaman, level antosianin (visual), skor bentuk umbi, skor keseragaman bentuk dan ukuran umbi, rengkah umbi, serangan hama utama (pemakan daun, penggulung daun dan hama boleng), skor serangan penyakit utama (kudis, bercak coklat dan bercak ungu). Kriteria ukuran umbi adalah: kecil  $\leq 100$  g/umbi, sedang = 100-200 g/umbi dan besar  $\geq 200$  g/umbi.

Dari kegiatan pemuliaan ubi jalar, Balitbangtan melalui Balitkabi telah merilis (melepas) enam varietas ubi jalar kaya antioksidan yaitu tiga varietas dengan kadar beta karotin tinggi dan tiga varietas dengan kadar antosianin tinggi.

### **a. Ubi Jalar Berkadar Beta-karoten Tinggi**

Di Indonesia pada tahun 2009 telah dirilis dua varietas yang memiliki kadar beta-karoten tinggi yaitu varietas Beta 1 dan Beta 2, sedangkan pada tahun 2016 dirilis Beta 3 (Tabel 3.1 dan 3.2). Varietas Beta 1 dan Beta 2 merupakan hasil persilangan dari

varietas Kidal dengan klon BB 97281-16. Varietas Kidal (dirilis tahun 2001) merupakan hasil persilangan bebas dari induk Inaswang. Varietas Beta 1 dan Beta 2 memiliki potensi hasil umbi segar masing-masing 35,7 dan 34,7 t/ha yaitu 5,7 t/ha (1,19%) dan 4,7 t/ha (1,16%) lebih tinggi dibandingkan varietas Kidal (30,0 t/ha). Varietas Beta 1 dan Beta 2 memiliki kadar beta-karoten masing-masing 12.032 dan 4.629  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  yaitu 34 dan 13 kali lebih tinggi dibandingkan varietas Kidal (kadar beta-karoten 348  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ). Hal ini menunjukkan bahwa klon BB 97281-16 berkontribusi terhadap peningkatan hasil umbi dan kadar beta karotin dari varietas Kidal. Jadi varietas Beta 1 dan Beta 2 merupakan perbaikan hasil umbi dan kadar beta-karoten dari varietas Kidal.

Varietas Beta-3 yang memiliki potensi hasil umbi segar masing-masing 34,0 t/ha dan kadar beta-karoten 9.630  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  (Tabel 3.2), merupakan hasil persilangan antara klon MIS 139-5 dengan klon MIS 547-2. Varietas Beta-3 tidak memiliki hubungan kekerabatan dengan Beta 1 dan Beta 2 atau dengan varietas Kidal. Varietas Beta 1 dengan kadar beta-karoten paling tinggi menunjukkan warna daging umbi oranye tua yaitu lebih tua dibandingkan varietas Beta 2 (oranye muda), Beta 3 (oranye), dan Kidal (kuning tua). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar beta-karoten maka semakin oranye warna daging umbi. Warna biji varietas unggul ubi jalar berkadar beta-karoten tinggi disajikan pada Gambar 3.1.

Permasalahan yang dihadapi dalam pembentukan varietas ubi jalar berkadar beta-karoten tinggi adalah kadar air tinggi dan kadar bahan kering rendah (<30%) (Yamakawa 1998) serta rasa manis dan lembek di mulut (Woolfe 1992). Sifat-sifat ini kurang disukai oleh konsumen ubi jalar, sehingga diperlukan perbaikan karakter tersebut melalui persilangan. Jepang telah berhasil melepas varietas Benihayato dengan kadar bahan kering di atas 30%. Sementara untuk produk *juice* (minuman) yang memerlukan

kadar pati dan gula relatif rendah, kadar  $\beta$ -karoten dan hasil tinggi, telah dihasilkan varietas J-Red (Yamakawa 1998). Selain kadar beta karotin, ubi jalar Beta 1 hingga Beta 3 juga memiliki vitamin C dengan kadar berkisar antara 16,5 dan 23,3%, serta kadar bahan kering berkisar antara 25,3% (varietas Beta 1) dan 32,5% (varietas Beta 3). Ketiga varietas ini memiliki daging umbi kukus dengan rasa enak dan manis (Tabel 3.1 dan 3.2).

Tabel 3.1. Tetua, potensi hasil, dan kadar bahan kering varietas unggul ubi jalar berkadar beta karotin tinggi.

No.	Varietas	Tahun Dirilis	Tetua Persilangan	Potensi Hasil (ton/ha)	Kadar Bahan Kering (%)
1	Beta 1	2009	MSU 01015-7 (Kidal x BB97281-16)	35,7	25,3
2	Beta 2	2009	MSU 01015-2 (Kidal x BB 97281-16)	34,7	28,1
3	Beta 3	2016	MIS 139-5 x MIS 547-2	34,0	32,5
4	Kidal (cek)	2001	Persilangan Inaswang	30,0	31,0

Sumber: Rahajeng et al. (2014); Musadad (2016).

Tabel 3.2. Karakteristik fisiko kimia varietas unggul ubi jalar berkadar beta karotin tinggi

No.	Varietas	Kadar Beta-karoten ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )	Kadar Protein (% g)	Kadar Vitamin C (mg/100 g)	Warna Daging Umbi	Rasa Daging Umbi
1	Beta 1	12.032	-	16,5	Oranye tua	Manis
2	Beta 2	4.629	-	21,0	Oranye muda	Enak
3	Beta 3	9.630	11,04	23,3	Oranye	Manis
4	Kidal	348	1,62	20,2	Kuning tua	Manis

Sumber: Jusuf et al. (2009); Rahajeng et al. (2014); Musadad (2016).



Beta 1                      Beta 2                      Beta 3

Gambar 3.1. Warna daging umbi segar varietas unggul ubi jalar berkadar beta-karoten tinggi  
 Sumber: Balitkabi (2019)

## **b. Ubi Jalar Berkadar Antosianin Tinggi**

Kadar atau kandungan antosianin pada ubi jalar diwariskan secara genetik dan tidak terdapat pengaruh tetua betina terhadap penampilan antosianin pada kombinasi persilangan. Kadar antosianin dikendalikan oleh lebih dari satu pasang gen dan terdapat dalam inti sel. Gen yang mengendalikan antosianin tidak bersifat dominan dan mempunyai nilai heritabilitas yang beragam dari rendah sampai tinggi tergantung pasangan tetua persilangannya. Hal ini mengakibatkan pemilihan tetua persilangan sangat penting dalam perakitan varietas unggul dengan daya hasil tinggi dan kaya antioksidan (Basuki *et al.* 2005; Damanhuri 2005; Rahajeng dan Rahayuningsih 2016).

Pada tahun 2013 telah dirilis tiga varietas yang memiliki kadar antosianin tinggi yaitu varietas Antin 1, Antin 2, dan Antin 3 dengan potensi hasil umbi segar berkisar antara 30,6 t/ha (Antin 3) dan 37,1 t/ha (Antin 2), sedangkan kadar bahan kering berkisar antara 31,3% (Antin 3) dan 32,6 t/ha (Antin 2). Kadar antosianin ketiga varietas tersebut masing-masing 34, 130, dan 151 mg/100 g. Varietas Antin 3 dengan kadar antosianin paling tinggi menunjukkan warna daging umbi ungu tua yaitu lebih tua

dibandingkan varietas Antin 2 (ungu kemerahan), dan Antin 1 (ungu putih) (Tabel 3.3 dan 3.4; Gambar 3.2).

Tabel 3.3. Tetua, potensi hasil, dan kadar bahan kering varietas unggul ubi jalar berkadar antosianin tinggi.

No.	Varietas	Tahun dirilis	Tetua Persilangan	Potensi hasil (ton/ha)	Kadar bahan kering (%)
1	Antin 1	2013	Samarinda (Lokal Blitar) x Kinta ( Lokal Papua)	33,2	31,5
2	Antin 2	2013	MSU 01008-16 x Samarinda (Lokal Blitar)	37,1	32,6
3	Antin 3	2013	MSU 03028-10 persilangan bebas	30,6	31,3

Sumber: Rahajeng et al. (2014); Musadad (2016).

Tabel 3.4. Karakteristik kadar fisiko kimia varietas unggul ubi jalar berkadar antosianin tinggi.

No.	Varietas	Kadar antosianin (mg/100 g)	Kadar Protein (%)	Kadar vitamin C (mg/100 g)	Warna Daging Umbi	Rasa Daging Umbi
1	Antin 1	34	1,9	21,8	Ungu putih	Enak
2	Antin 2	130	0,6	22,1	Ungu merah	Manis
3	Antin 3	151	0,6	20,1	Ungu tua	Enak

Sumber: Jusuf et al. (2009); Rahajeng et al. (2014); Musadad (2016).

Tingkat kecerahan warna umbi berkorelasi negatif dengan total antosianin ( $R^2 = 0,81$ ). Semakin tinggi kadar antosianin maka semakin ungu warna daging umbi (Ginting et al. 2015). Varietas Antin-1 dan Antin-2 memiliki hubungan kekerabatan dekat yaitu sama-sama merupakan hasil persilangan dari klon Samarinda (Lokal Blitar). Sedangkan varietas Antin-3 merupakan hasil persilangan bebas dari klon MSU 03028-10, sehingga varietas

Antin-3 tidak memiliki hubungan kekerabatan dengan Antin-1 dan Antin-2.



Antin 1



Antin 2



Antin 3

Gambar 3.2. Warna daging umbi segar varietas unggul ubi jalar berkadar antosianin tinggi  
Sumber: Balitkabi (2019)

### 3.2. Varietas Unggul Jagung Fungsional

Jagung termasuk tanaman berumah satu (*monoecious*) yaitu malai sebagai bunga jantan dan rambut sebagai bunga betina terletak pada satu tanaman. Setiap malai menghasilkan jutaan pollen atau serbuk sari, yang mudah diterbangkan angin. Biasanya bunga jantan lebih dahulu mekar, 3-4 hari sebelum rambut keluar, sehingga meningkatkan terjadinya penyerbukan silang, hingga mencapai 95% (Yasin *et al.* 2014). Kondisi ini mempermudah terjadinya penyerbukan silang dan penyerbukan sendiri dalam pembentukan galur inbrida.

Pada setiap tahapan dari kegiatan pembentukan varietas unggul jagung baik itu jagung komposit (penyerbukan terbuka) maupun jagung hibrida selalu didahului dengan seleksi galur untuk mendapatkan galur murni (inbrida). Inbrida merupakan genotipe yang homogen dan telah mengalami persilangan dalam (*selfing*) beberapa generasi. Dari galur-galur yang dihasilkan ini diuji daya hasilnya melalui uji kombinasi persilangan antar galur

untuk menghasilkan satu atau lebih varietas unggul jagung hibrida. Hibrida merupakan generasi pertama (F1) hasil persilangan antara tetua (galur) yang berbeda genetik sehingga memberikan pengaruh heterosis. Heterosis pada hibrida dapat berupa peningkatan hasil biji maupun kadar nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan galur inbrida tetuanya (Mejaya *et al.* 2017). Kadar nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan jagung biasa (normal) tersebut mempunyai sifat khusus yang berfungsi untuk kesehatan tubuh manusia sehingga disebut jagung fungsional atau jagung khusus (*specialty corn*). Jagung fungsional antara lain jagung bermutu protein tinggi atau *Quality Protein Maize* (QPM), jagung Provit A (*betacarotene*) atau jagung kaya vitamin A, dan jagung ungu kaya antosianin.

Pemuliaan jagung khusus ditujukan untuk menghasilkan galur-galur atau inbrida unggul untuk menghasilkan varietas jagung bersari bebas (sintetik atau komposit) dan hibrida. Jagung khusus berorientasi hibrida memiliki beberapa keuntungan dibandingkan jagung bersari bebas antara lain: potensi genetik hibrida lebih tinggi dibandingkan dengan bersari bebas karena hibrida memanfaatkan fenomena heterosis; kemurnian mutu genetik jagung khusus yang lebih tinggi (lebih mudah terjaga) terutama karakter yang dikendalikan oleh gen resesif, karena kemurnian genetik inbridanya lebih mudah dikontrol; serta penampilan tanaman dan biji jagung hibrida lebih seragam dan stabil (Azrai *et al.* 2007). Dari kerja sama penelitian kegiatan pemuliaan jagung fungsional antara Balitbangtan (melalui Balitsereal) dengan CIMMYT, Mexico, telah dirilis sembilan varietas jagung kaya antioksidan yaitu enam varietas jagung QPM dengan kadar asam amino (lisin dan triptofan) tinggi, dua varietas jagung pro vitamin A dengan kadar beta-karoten tinggi, dan satu varietas jagung ungu dengan kadar antosianin tinggi.

## a. Jagung QPM

Jagung QPM merupakan bahan pangan sumber karbohidrat yang mengandung komponen protein asam amino lisin dan triptofan lebih tinggi dibandingkan dengan jagung normal (non-QPM). Pada awal penemuan jagung QPM, sifat biji yang mengandung gen opaque-2 adalah lunak dan rentan hama gudang. Pada tahun 90an pemulia secara intensif melakukan perbaikan dalam dan antar populasi sehingga dihasilkan biji jagung QPM yang keras, menyerupai sifat biji jagung biasa. Produktivitas dan ketahanannya terhadap hama penyakit jagung QPM juga sudah sama dengan jagung biasa (Vasal 2000a). Variasi genetik inbrida jagung QPM dapat dibedakan satu dengan yang lain secara jelas dengan menggunakan marka SSR melalui jarak genetik (Pabendon et al. 2008). Opaq-2 adalah mutasi resesif dan spesifik endosperma, sehingga penggunaan penanda spesifik gen opak-2 untuk konversi inbrida normal elit ke bentuk o2/o2 homozigot melalui marker assisted selection (MAS) (Tripathy *et al.* 2017).

Informasi yang sangat penting dalam perakitan varietas unggul jagung hibrida QPM yaitu daya gabung galur-galur inbrida yang telah terintrogresikan dengan gen homosigot resesif o2 (opaque), potensi hasil biji, dan beberapa peubah agronomi hibrida tersebut pada beberapa lingkungan tumbuh yang berbeda. Hibrida uji dapat dilakukan dengan persilangan inbrida x penguji (tester). Analisis varian faktorial dan daya gabung mengikuti model inbrida x tester. Hanya kombinasi persilangan dengan nilai daya gabung khusus untuk hasil biji yang nyata lebih baik dibandingkan dengan semua varietas pembanding diusulkan untuk dilepas sebagai varietas unggul jagung QPM (Azrai *et al.* 2014).

Pada tahun 2004 hingga 2011 telah dirilis enam varietas jagung QPM yaitu dua varietas jagung komposit (Srikandi

Kuning-1 dan Srikandi Kuning-2) serta empat varietas jagung hibrida Silang Tunggal (Bima-12Q dan Bima-13Q). Potensi hasil varietas tersebut berkisar antara 7,92 t/ha (Srikandi Kuning-1) dan 9,80 t/ha (Bima 13-Q) (Tabel 3.5). Jagung komposit varietas Srikandi Kuning-1 berasal dari populasi S99TLYQ-AB biji sedangkan Srikandi Putih 1 berasal dari populasi S98TLWQ(F/D). Srikandi Kuning 1 memiliki kadar lisin 0,580% dan triptofan 0,114%, sedangkan Srikandi Putih 1 memiliki kadar lisin 0,468% dan triptofan 0,102%. Jagung biasa seperti hibrida Bima 1 mengandung lisin 0,291% dan triptofan 0,058%, artinya kadar asam amino jagung QPM dua kali lebih tinggi dari jagung biasa (Widowati 2012; Yasin *et al.* 2014).

Tabel 3.5. Tetua dan potensi hasil varietas unggul jagung QPM.

No.	Varietas	Tahun dirilis	Tetua Persilangan	Potensi hasil (ton/ha)
1	Srikandi Kuning-1	2004	Pop QPM S99TLYQ-AB	7,92
2	Srikandi Putih-1	2004	Pop QPM S98TLWQ (F/D)	8,09
3	Bima-12Q	2011	Mr 4Q x Mr 14Q	9,30
4	Bima-13Q	2011	CML 161 x CML 165	9,80
5	Bima-1 (non-QPM)	2001	Mr 4 x Mr 14	9,00
6	Lamuru (non-QPM)	2000	Sintetik dari GK, SW, GM,	7,60

Sumber: Aqil *et al.* (2012); Jamil *et al.* (2016).

Hibrida Bima 12-Q merupakan hasil persilangan antara galur MR4Q dan galur MR14Q. Galur MR4Q berasal dari galur MR4 yang mengalami konversi gen *opeque2* (dengan cara disilangkan dengan donor *opeque2* dari galur CML 165 introduksi dari CIMMYT, Mexico). Demikian juga untuk galur MR14Q berasal dari galur MR14 yang mengalami konversi gen *opeque2* (dengan cara disilangkan dengan donor *opeque2* dari galur CML 161 introduksi dari CIMMYT, Mexico). Galur MR4 dan MR14 merupakan tetua persilangan dari hibrida varietas Bima-1 yang tergolong jagung normal (non-QPM). Galur MR4 dan galur MR14

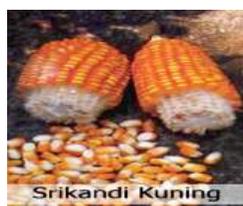
merupakan tetua persilangan hibrida varietas Bima-1 yang dirilis tahun 2001 sebagai hibrida Silang Tunggal (ST) pertama yang dihasilkan oleh Balitbangtan. Sebelumnya hibrida yang dirilis oleh Balitbangtan yaitu hibrida Silang Tiga Jalur (STJ) varietas Semar-1 (tahun 1992) hingga Semar-10 (tahun 2001). Galur MR4 dan galur MR14 juga digunakan sebagai tetua penguji (tester) pada uji daya gabung galur-galur harapan untuk menghasilkan varietas unggul jagung hibrida (Mejaya *et al.* 2017).

Kadar protein dari enam varietas jagung QPM tersebut tidak jauh berbeda, berkisar antara 8,10% (Bima-12Q) dan 8,40% (Bima-13Q). Kadar lisin dan triptofan dalam Bima 12Q masing masing sebesar 0,52% dan 0,11% sedangkan Bima 13Q masing masing 0,46% dan 0,09%. Nilai tersebut 2 kali (200%) lebih tinggi dibandingkan jagung biasa hibrida Bima-1 yang kadar lisin dan triptofannya masing masing 0,29% dan 0,058% atau varietas Bisi- 2 dengan kadar lisin dan triptofan masing-masing 0,36% dan 0,06% (Tabel 3.6). Hal ini menunjukkan bahwa gen *opaque2* masing-masing dari donor CML 165 untuk MR4Q dan CML161 untuk MR14Q berkontribusi terhadap peningkatan kadar lisin dan triptofan dari varietas Bima-1 tanpa menurunkan hasil biji pipilan kering varietas Bima-1 (Tabel 3.5 dan 3.6). Varietas Bima-12Q merupakan perbaikan hasil biji dan kadar lisin dan triptofan dari Bima-1. Warna biji dan bentuk tongkol dari varietas unggul jagung fungsional kaya antioksidan disajikan pada Gambar 3.3.

Tabel 3.6. Kadar antioksidan varietas unggul jagung QPM.

No.	Varietas	Kadar lisin (%)	Kadar triptofan (%)	Kadar Protein (%)	Warna biji
1	Srikandi Kuning-1	0,48	0,09	10,38	Kuning
2	Srikandi Putih-1	0,41	0,09	10,44	Putih
3	Bima-12Q	0,52	0,11	8,10	Kuning
4	Bima-13Q	0,46	0,09	9,40	Kuning
5	Bima-1(non-QPM)	0,29	0,06	-	Kuning
6	Lamuru (non-QPM)	0,28	0,06	8,49	Kuning

Sumber: Aqil et al. (2012); Yasin et al. (2014); Jamil et al. (2016).



Srikandi Kuning-1



Srikandi Putih-1



Bima-12Q

Gambar 3.3. Warna biji varietas unggul jagung QPM kaya antioksidan.

Sumber: <http://www.litbang.pertanian.go.id/pangan/>(15-10-2019)

## b. Jagung Pro Vitamin A

Jagung antioksidan kaya nutrisi beta-karoten atau Provit A adalah jagung yang mengandung vitamin A atau beta-karoten tinggi yaitu 8-15  $\mu\text{g/g}$  sedangkan jagung biasa hanya 2-5  $\mu\text{g/g}$ . Kegiatan pemuliaan untuk jagung beta-karoten dapat diawali dengan seleksi biji pada populasi yang warna bijinya oranye, ungu sampai kuning tua. Perakitan varietas jagung fungsional menggunakan teknik dan prosedur sama dengan jagung biasa (Pixley et al. 2010; Yasin et al. 2014).

Badan Litbang Pertanian pada tahun 2011 telah merilis dua varietas jagung komposit (non-hibrida) pro vitamin A yaitu varietas Provit A-1 dan Provit A-2 dengan kadar beta-karoten

masing-masing 0,08 dan 0,014 ppm yaitu lebih tinggi hingga 50% dibandingkan dengan jagung biasa. Kadar protein dari dua varietas jagung Provit A-1 dan Provit A-2 tersebut tidak jauh berbeda, masing-masing 9,34 dan 8,64%. Potensi hasil Provit A-1 dan Provit A-2 dapat mencapai masing-masing 7,40 dan 8,86 t/ha (Yasin *et al.* 2018). Tetua atau populasi dasar varietas Provit A1 dan Provit A2 yaitu masing-masing Oba-Tanpa BC1C2 dari Kenya, Afrika dan Populasi Carotenoid dari Thailand (Tabel 3.7 dan 3.8). Warna biji varietas unggul jagung fungsional kaya antioksidan disajikan pada Gambar 3.4.

Tabel 3.7. Tetua dan potensi hasil varietas unggul jagung provitamin A.

No.	Varietas	Tahun dirilis	Tetua Persilangan	Potensi hasil (ton/ha)
1	Provit A1	2012	Oba-Tanpa BC1C2	7,40
2	Provit A2	2012	Populasi Carotenoid	8,86
3	Srikandi Kuning-1*	2004	Pop. QPM S99TLYQ-AB	7,92

Keterangan: \*Non-provitamin A

Sumber: Aqil *et al.* (2012); Yasin *et al.* (2014); Jamil *et al.* (2016).

Tabel 3.8. Kadar antioksidan dan protein varietas unggul jagung provitamin A.

No.	Varietas	Kadar beta karotin (ppm)	Kadar Protein (%)	Warna biji
1	Provit A-1	0,08	9,34	Kuning kemerahan
2	Provit A-2	0,14	8,64	Kuning kemerahan
3	Srikandi Kuning-1 (cek)	0,04	8,00	Kuning

Sumber: Aqil *et al.* (2012); Yasin *et al.* (2014); Jamil *et al.* (2016).



Provit A1



Provit A2

Gambar 3.4. Warna biji varietas unggul jagung Provitamin A.  
Sumber: <http://www.litbang.pertanian.go.id/pangan/>(15-10-2019)

### c. Jagung Berkadar Antosianin Tinggi

Jagung biji warna ungu atau hitam mengandung antosianin lebih tinggi dibanding jenis jagung biasa biji kuning atau putih yaitu mencapai 350% lebih tinggi dari jagung biasa. Antosianin bermanfaat untuk pengobatan beberapa penyakit diantaranya melancarkan sirkulasi darah dan memperlambat penuaan kulit (Dailly 2008; Harakotr *et al.* 2014).

Balitbangtan pada tahun 2018 telah merilis satu varietas jagung bersari bebas (komposit) biji ungu yaitu varietas Srikandi Ungu-1 dengan potensi hasil 8,50 t/ha, kadar antosianin 51,92 mg/100 g yaitu 430% lebih tinggi dibandingkan varietas Pulut URI-1 yang merupakan jagung ketan (pulen) berwarna putih. Kadar protein dari 2 varietas jagung antioksidan tersebut tidak jauh berbeda, masing-masing 9,00% dan 8,28% (Tabel 3.9 dan 3.10). Varietas jagung Srikandi Ungu-1 berasal dari perbaikan populasi plasma nutfah lokal Pulut Manado Ungu, Sulawesi Utara dengan metode silang balik. Tetua donor adalah induk betina berasal dari galur generasi lanjut MR14Q. Hasil persilangan BC3F1 selanjutnya diselfing dan diseleksi tongkol dengan biji tipe mutiara PMU(S1)Synth.F.C1 dan biji dengan tipe berlekuk atau gigi kuda PMU(S1)Synth.D.C1 (Yasin *et al.* 2018). Warna biji varietas unggul jagung ungu disajikan pada Gambar 3.5.

Tabel 3.9. Tetua persilangan dan potensi hasil varietas unggul jagung fungsional antioksidan.

No.	Varietas	Tahun dirilis	Tetua Persilangan	Potensi hasil (ton/ha)
1	Srikandi Ungu 1	2018	Lokal Sulawesi Utara	8,50
2	Pulut URI-1	2012	Lokal Takalar x MS2	9,40

Sumber: Aqil et al. (2012); Jamil et al. (2016); Yasin et al. (2017).

Tabel 3.10. Kadar antioksidan varietas unggul jagung ungu.

No.	Varietas	Kadar antosianin (mg/100 g)	Kadar Protein (%)	Warna biji
1	Srikandi Ungu-1	51,92	9,00	Ungu kehitaman
2	Pulut URI-1	12,10	8,28	Putih

Sumber: Aqil et al. (2012); Jamil et al. (2016); Yasin et al. (2017).



Srikandi Ungu 1



Pulut URI-1

Gambar 3.5. Warna biji varietas unggul jagung ungu dan Pulut URI-1  
 Sumber: <http://www.litbang.pertanian.go.id/pangan>

### 3.3. Varietas Unggul Padi Fungsional

Beras memiliki gizi mikro yang kurang memadai sehingga berpotensi menimbulkan kekurangan gizi bagi konsumen. Salah satu cara dalam meningkatkan mutu gizi beras adalah melalui biofortifikasi. Biofortifikasi dilakukan untuk menghasilkan varietas padi yang berasnya mengandung vitamin, mineral dan/atau senyawa lain seperti antosianin menggunakan prosedur pemuliaan tanaman. Keuntungan biofortifikasi antara lain: lebih

murah dari segi budi daya karena benih yang telah terfortifikasi hanya diperlukan sekali di awal penggunaan kemudian benih dari pertanaman berikutnya dapat dikembangkan lebih lanjut oleh petani lain, bermanfaat bagi masyarakat konsumen rawan gizi, dan produksi tinggi dan ramah lingkungan. Kadar mineral penting seperti Fe (besi) dan Zn (seng) pada beras dapat ditingkatkan melalui program biofortifikasi menjadi beras kaya Fe dan Zn (Abdullah 2017; Indrasari dan Kristamtini 2018)

Balitbangtan melalui BB Padi telah melakukan pemuliaan untuk menghasilkan varietas unggul padi berkadar antosianin tinggi. Sebagai materi tetua persilangan terdiri dari berbagai varietas unggul dan galur harapan padi yang berpotensi hasil tinggi (Cihorang, Fatmawati, Aek Sibundong, Inpari-6, BP342, dan BP360); tahan hama wereng cokelat (Memberamo, IR74, PTB33); tahan penyakit hawar daun bakteri (Conde, IRBB7, dan IRBB21); beras bermutu tinggi (Memberamo, Inpari-6, dan Basmati); varietas lokal padi (beras merah, beras hitam, dan ketan hitam); galur harapan, serta padi liar (*Oryza rufipogon*). Dari penelitian tersebut telah dihasilkan varietas unggul padi fungsional beras merah dan beras hitam dengan potensi hasil tinggi, umur genjah, tahan hama penyakit dan mempunyai beras dengan mutu tinggi dan stabil (Abdullah 2017).

Tiga varietas unggul padi beras merah telah dilepas oleh Balitbangtan yaitu Aek Sibundong, Inpari-24 Gabusan, dan Inpari-25 Opak Jaya yang mengandung antosianin pada beras pecah kulit (BPK) dengan kadar masing-masing 15,44, 19,07, dan 17,11  $\mu\text{g}/100$  g. Sedangkan beras giling derajat sosoh (BGDS) kadar masing-masing yaitu 5,36, 8,73, dan 10,82  $\mu\text{g}/100$  g. Varietas Aek Sibundong, Inpari-24 Gabusan, dan Inpari-25 Opak Jaya berasal dari hasil persilangan Ketan Hitam dengan Pandan Wangi Cianjur (Tabel 3.11 dan 3.12).

Tabel 3.11. Karakteristik varietas unggul padi berkadar antosianin tinggi.

No.	Varietas	Kadar antosianin ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )		Kadar Amilosa (%)	Warna beras
		BPK	BGDS		
1	Aek Sibundong	15,44	5,36	21	Merah
2	Inpari 24 Gabusan	19,07	8,73	18	Merah
3	Inpari 25 Opak Jaya	17,11	10,82	6	Merah
4	Jeliteng	71,04	-	19	Hitam
5	Ciherang (cek)*	1,73	0,79	23	Putih

Keterangan: \*Ciherang = beras normal populer sebagai pembanding

BPK = beras pecah kulit; BGDS = beras giling derajat sosoh;

Sumber: Jamil et al. (2016); Abdullah (2017); Indrasari dan Kristamtini (2018); Dwiatmini dan Afza (2018). <http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/info-berita/info-teknologi/padi-hitam-jeliteng-kaya-manfaat>

Pada tahun 2019, telah dilepas pertama kali di Indonesia beras hitam varietas Jeliteng dengan kadar antosianin 71,04  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ . Varietas Jeliteng berasal dari nomor seleksi B13486D-4-1-PN-2-MR-3-3-3 yang merupakan hasil persilangan Ketan Hitam dengan Pandan Wangi Cianjur. Varietas ini mempunyai potensi hasil 9,87 ton/ha dan tekstur nasi yang pulen dengan kadar amilosa 19,6% (Tabel 3.11 dan 3.12).

Tabel 3.12. Tetua persilangan dan potensi hasil varietas unggul padi berkadar antosianin tinggi.

No.	Varietas	Tahun dirilis	Tetua Persilangan	Potensi hasil (ton/ha) GKG
1	Aek Sibundong	2006	Sitali/Way Apo Buru/*2Widas	8,00
2	Inpari 24 Gabusan	2012	Bio12- MR-1-4-PN-6/ beras merah Brebes	7,70
3	Inpari 25 Opak Jaya	2012	Bio530C-MR-1/IRBB21	9,50
4	Jeliteng	2019	Ketan hitam lokal/ Pandan Wangi Cianjur	9,87
5	Ciherang (cek)*	2000	IR18349-53-1-3-1-3/ IR19661-131-3-1-3//IR64	6,58

Keterangan: \*Ciherang = beras normal populer sebagai pembanding

Sumber: Jamil et al. (2016); Abdullah (2017); Indrasari dan Kristamtini (2018).



Gambar 3.6. Galur beras hitam dan Inpari 24.  
Sumber: Abdullah (2017).

### 3.4. Varietas Unggul Kedelai Fungsional

Pemuliaan tanaman kedelai dilakukan melalui seleksi terhadap varietas-varietas lokal dan varietas introduksi yang memiliki keragaman (perbedaan) genetik di antara individu-individu di dalam perbendaharaan plasma nutfah yang ada. Metode yang digunakan yaitu seleksi galur atau seleksi massa. Pembentukan bahan yang akan diseleksi (populasi pemuliaan) dapat dilakukan melalui persilangan buatan antara individu-individu yang berbeda sifat-sifatnya. Bahan pemuliaan yang diperoleh melalui persilangan diseleksi dengan beberapa metode, yaitu *pedigree* (silsilah), *bulk* (curah), penurunan satu biji, dan silang balik (*backcross*). Seleksi Galur varietas lokal yang ditanam dalam jangka waktu yang lama kemungkinan menimbulkan keragaman genetik (populasi yang heterogen). Seleksi galur (individu) dapat dilakukan apabila di dalam suatu varietas, populasi lokal atau introduksi tersebut terdapat individu yang memiliki sifat-sifat (keragaan) seperti yang diinginkan. Individu-individu pilihan dikembangkan dan diuji daya hasilnya melalui uji adaptasi di beberapa lingkungan tumbuh (Arsyad *et al.* 2013).

## a. Kedelai Berkadar Isoflavon Tinggi

Kementerian Pertanian melalui Badan Litbang Pertanian telah melepas varietas unggul kedelai kaya isoflavon, yaitu Devon 1 dan Devon 2 yang sesuai untuk produk tahu dan susu kedelai. Kedua varietas ini memiliki kadar isoflavon masing-masing 2.200 dan 304  $\mu\text{g/g}$  bk dan kadar protein masing-masing sebesar 35,0 dan 37,9%. Satu galur harapan yang potensial sebagai calon varietas kedelai kaya isoflavon yaitu genotipe K/IAC100-64-1004-1037 memiliki kadar isoflavon tinggi 2.301  $\mu\text{g/g}$  bk dan kadar protein sebesar 37,4%. Devon-1 dan genotipe K/IAC100-64-1004-1037 memiliki kadar isoflavon lebih tinggi daripada varietas Anjasmoro dengan kadar isoflavon tinggi 1.357  $\mu\text{g/g}$  bk (Tabel 3.13).

Tabel 3.13. Karakteristik varietas unggul kedelai isoflavon.

No.	Varietas	Kadar isoflavon ( $\mu\text{g}/100$ g bk)	Kadar Protein (%)	Bobot 100 biji (g)	Warna biji
1	Devon 1	2.200	35,0	15,3	Kuning
2	Devon 2	304**	37,9	17,0	Kuning
3	K/IAC 100-64-1004-1037*	2.301	37,4	10,2	Kuning
4	Anjasmoro	1.357	36,8	15,3	Kuning

Keterangan: \* Galur harapan = calon varietas

\*\* = kandungan total genistein dan daidzein.

Sumber: Harnowo et al. (2017); Yulifianti dan Ginting (2018).

Tabel 3.14. Tetua persilangan dan potensi hasil varietas unggul kedelai isoflavon.

No.	Varietas	Tahun dirilis	Tetua Persilangan	Potensi hasil (ton/ha)
1	Devon 1	2015	Kawi x IAC 100	3,09
2	Devon 2	2017	G511H x Anjasmoro	2,90
3	K/IAC 100-64-1004-1037*	-	Kawi x IAC 100	2,70
4	Anjasmoro	2001	Mansuria	2,25

Keterangan: \* Galur harapan = calon varietas

Sumber: Harnowo et al. (2017); Yulifianti dan Ginting (2018).



Gambar 3.7. Kedelai kaya isoflavon varietas Devon 1 dan Devon 2.  
 Sumber: Balitkabi (2019)

## b. Kedelai Berkadar Antosianin Tinggi

Kementerian Pertanian melalui Badan Litbang Pertanian juga telah melepas varietas unggul kedelai kaya antioksidan yaitu varietas Detam 1 hingga Detam 4 dengan aktivitas antioksidan biji berkisar antara 25,47-91,72% inhibisi, sedangkan varietas Malika 51,09% inhibisi (Tabel 3.15). Aktivitas antioksidan biji kedelai warna kulit hitam dianalisa dengan metode ABTS (99 µg/ml) dan DPPH (619 µg/ml). Varietas Detam 1, Detam 2, Detam 3 Prida dan Detam 4 Prida sesuai digunakan sebagai bahan baku kecap, selain memiliki warna kulit biji hitam (Gambar 3.8), kadar protein varietas-varietas unggul tersebut juga cukup tinggi berkisar antara 34,2-45,4% (Tabel 3.15).

Tabel 3.15. Aktivitas antioksidan biji kedelai warna kulit hitam.

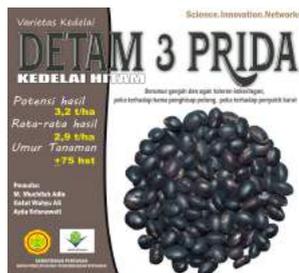
No.	Varietas	Antioksidan (% inhibisi)		Kadar protein (%)	Bobot 100 biji (g)	Warna biji
		ABTS	DPPH			
1	Detam 1	25,47	31,96	45,4	14,8	Hitam
2	Detam 2	91,72	78,08	34,2	13,5	Hitam
3	Detam 3 Prida	60,76	36,26	36,0	11,8	Hitam
4	Detam 4 Prida	61,76	49,12	40,0	11,0	Hitam
5	Malika*	51,09	46,00	37,0	20,0	Hitam

Keterangan: \* Anjasmoro sebagai pembanding  
 Sumber: Harnowo et al. (2017); Soedarjo (2019).

Tabel 3.16. Tetua persilangan dan potensi hasil varietas kedelai hitam.

No.	Varietas	Tahun dirilis	Tetua Persilangan	Potensi Hasil (ton/ha)	Umur Panen (hari)
1	Detam 1	2008	Kawi x gal. 9837	3,5	84
2	Detam 2	2008	Wilis x gal. 9837	3,0	82
3	Detam 3 Prida	2013	Cikuray x gal. 9837	3,2	75
4	Detam 4 Prida	2013	G100 H x gal. 9837	2,9	76

Sumber: Harnowo et al. (2017); Musadad (2016).



Gambar 3.8. Kedelai hitam varietas Detam-1 dan Detam-3 Prida

Sumber: Balitkabi (2019)



# Bab IV.

## Budi Daya Tanaman Pangan Fungsional

*Yuliantoro Baliadi, Yudi Widodo, Muchdar Soedarjo, dan Made J. Mejaya*

Pengembangan kawasan berbasis korporasi petani perlu diterapkan untuk komoditas tanaman pangan fungsional kaya antioksidan. Untuk mencapai keberhasilan pengembangan maka dibutuhkan informasi daya adaptasi dan teknologi budi daya yang efektif dan efisien sehingga usaha tani akan menguntungkan bagi petani. Secara umum teknologi budi daya komoditas tanaman pangan fungsional kaya antioksidan tidak berbeda dengan yang non-fungsional, kecuali pada tanaman jagung perlu dihindari saat berbunga antara pertanaman jagung fungsional dengan yang non-fungsional, agar tidak terjadi pengaruh penyerbukan tepung sari oleh pertanaman jagung non-fungsional kepada pertanaman jagung fungsional. Bila hal ini terjadi, maka kadar antioksidan pada biji jagung fungsional akan berkurang.

Disamping hal tersebut diatas, faktor pengaruh lingkungan terutama serangan hama dan penyakit juga perlu mendapat perhatian karena dapat menyebabkan rendahnya produktivitas dan biji atau umbi menjadi terasa pahit sehingga tidak dapat dikonsumsi serta berbahaya bagi kesehatan. Oleh karena itu informasi tentang ketahanan hama dan penyakit tiap varietas menjadi sangat penting.

## 4.1. Ubi Jalar Fungsional

Ubi jalar termasuk tanaman yang toleran terhadap kekeringan, meskipun demikian kekeringan yang panjang dapat mengganggu pertumbuhan dan hasil umbi. Frekuensi pemberian air yang berbeda berpengaruh terhadap karakter panjang sulur luas daun dan bobot umbi sangat besar. Pengairan terbatas yaitu pertanaman diiri sejak tanam hingga umur dua bulan setelah tanam pada ubi jalar menyebabkan kehilangan hasil umbi sebesar 5-30%. Kekeringan pada ubi jalar dapat menyebabkan penurunan panjang sulur sebesar 25% (pada 60 HST) dan 29% (pada 90 HST). Deraan kekeringan juga menyebabkan luas daun berkurang 30% dan bobot umbi kategori sangat besar (>300g) berkurang 33%. Beta-2 mampu memberikan hasil umbi/plot sebanyak 51,34 kg pada pengairan terbatas dan 61,93 kg pada pengairan normal yaitu pertanaman diiri hingga panen (Hapsari dan Mejaya 2016).

Dari enam varietas unggul ubi jalar kaya antioksidan yang telah dilepas, semua menunjukkan potensi hasil di atas 30 ton/ha yaitu lebih tinggi dibandingkan varietas Kidal dengan umur panen yang sama yaitu 4,5 bulan (Tabel 4.1). Semua varietas adaptif pada lahan tegal (kering) dan sawah. Varietas Antin-3 memiliki respon toleran kekeringan pada pengairan terbatas sehingga berpeluang dikembangkan pada lahan kering atau pengairan terbatas. Kandungan antosianin pada ubi jalar selain dipengaruhi oleh faktor genetik juga faktor lingkungan, antara lain cahaya, temperatur, sumber nitrogen, dan serangan patogen. Kandungan antosianin meningkat bila elevasi semakin tinggi hingga 950 m di atas permukaan laut. Temperatur udara yang dingin memacu biosintesis antosianin pada ubi jalar (Damanhuri 2005).

Dengan mempertimbangkan terpenuhinya faktor pengairan dan pemupukan, maka salah satu faktor penyebab rendahnya produktivitas ubi jalar yaitu adanya serangan hama dan penyakit,

antara lain hama boleng dan penyakit kudis. Hama boleng (*Cylas formicarius*) berkembang sepanjang tahun dan merusak umbi di lokasi pertanaman dan di tempat penyimpanan (Supriyatin 2001). Larva merusak umbi dengan menggerek, membuat lubang gerakan dan sisa gerakan ditumpuk di sekitar lubang gerakan dalam umbi. Umbi yang rusak menghasilkan terpena yang menyebabkan umbi terasa pahit sehingga tidak dapat dikonsumsi serta berbahaya bagi kesehatan. Di Indonesia kehilangan hasil akibat serangan hama boleng berkisar antara 10-80%, tergantung pada lokasi dan iklim (Widodo *et al.* 1994; Indiaty dan Saleh 2010).

Penyakit utama yang menyerang tanaman ubi jalar di Indonesia adalah kudis yang disebabkan oleh jamur atau cendawan *Sphaceloma batatas*. Cendawan tersebut menginfeksi sepanjang tulang tangkai daun bagian bawah dan batang berupa bintil atau pustul kudis berupa bercak kemudian membentuk bintil. Jika cuaca mendukung bintil sampai mencapai daun-daun yang berada di pucuk. Penyakit kudis telah tersebar di sentra produksi ubi jalar. Kehilangan hasil ubi jalar akibat serangan penyakit kudis dapat mencapai 30%, tergantung varietas, umur tanaman pada saat terinfeksi dan kondisi lingkungan. Umumnya penyakit kudis berkembang di dataran tinggi dan terutama pada musim hujan (Saleh dan Rahayuningsih 2013).

Dari enam varietas unggul baru ubi jalar kaya antioksidan yang telah dilepas, semua menunjukkan respon agak tahan terhadap hama boleng, hal ini tidak berbeda dengan varietas Kidal yang bukan merupakan ubi jalar kaya antioksidan (Tabel 4.1).

Tabel 4.1. Potensi hasil, umur panen, dan ketahanan terhadap hama/penyakit varietas unggul ubi jalar kaya antioksidan.

No.	Varietas	Potensi Hasil (ton/ha)	Umur panen (bulan)	Ketahanan Terhadap	
				Hama Boleng	Penyakit Kudis
1	Beta-1	35,7	4,5	Agak tahan	Agak tahan
2	Beta-2	34,7	4,5	Agak tahan	Agak tahan
3	Beta-3	34,0	4,5	Agak tahan	Tahan
4	Antin-1	33,2	4,5	Agak tahan	Agak tahan
5	Antin-2	37,1	4,5	Agak tahan	Agak tahan
6	Antin-3	30,6	4,5	Agak tahan	Agak tahan
7	Kidal *	30,0	4,5	Agak tahan	Tahan

Keterangan: \* varietas non-antioksidan tinggi

Sumber: Rahajeng et al. (2014); Musadad (2016).

Dari enam varietas unggul baru ubi jalar kaya antioksidan, hanya varietas Beta-3 menunjukkan respon tahan terhadap penyakit kudis, yaitu memiliki respon yang sama dengan varietas Kidal yang bukan merupakan ubi jalar kaya antioksidan (Tabel 4.1). Oleh karena itu enam varietas unggul baru ubi jalar kaya antioksidan diperlukan pengendalian yang lebih intensif agar tidak terjadi kehilangan hasil yang signifikan akibat serangan hama boleng, dan demikian juga untuk penyakit kudis (kecuali varietas Beta-3).

Pengendalian hama boleng terpadu dilakukan dengan memadukan beberapa komponen pengendalian, yaitu: Sanitasi lahan, cara bercocok tanam meliputi penggunaan bibit sehat (stek pucuk), pembumbunan, pengairan, dan pergiliran tanaman; penggunaan varietas/klon toleran terhadap hama boleng, penangkapan serangga jantan dengan menggunakan feromon seks sintetik atau *C. Formicarius* virgin sebanyak 5–10 ekor/100 m<sup>2</sup>; pemanfaatan agensia biologi, jamur *B. bassiana*; penyemprotan dengan insektisida organik yaitu serbuk biji mimba dengan takaran 20 kg/ha; secara kimiawi dengan perendaman stek ke dalam insektisida dan penyemprotan pertanaman dengan

insektisida permetrin, karbosulfan, dan endosulfan, atau insektisida dalam bentuk butiran yaitu karbofuran 3G masing-masing dengan konsentrasi anjuran (Indiati dan Saleh 2010). Salah satu cara mencegah serangan hama boleng adalah dengan menanam varietas berumur genjah. Varietas ubi jalar oranye (Beta-1, Beta-2 dan Beta-3) serta ubi jalar ungu (Antin-1, Antin-2, dan Antin-3) mempunyai umur panen tergolong genjah yaitu sekitar 4,5 bulan.

Pengendalian penyakit kudis dapat dilakukan secara terpadu dengan mengkombinasikan beberapa cara yang saling kompatibel dalam satu paket pengendalian yaitu: menanam varietas yang tahan (Beta-3), menggunakan bibit sehat atau mencelup bibit dalam larutan fungisida Benomyl atau Mankozeb selama 15 menit, rotasi tanam dengan tanaman yang bukan inang jamur (seperti tanaman kacang tanah, kedelai, jagung atau padi), sanitasi lahan dengan memusnahkan bekas tanaman yang terinfeksi dan menyemprot fungisida benomyl (400 g ba/ha), Chlorotalonil 1300 g ba/ha, captafol 1520 g ba/ha, fentin hidraxide 300 g ba/ha, tembaga oksiklorida 1500 g ba/ha dan mankozeb 1500 g ba/ha, atau pestisida nabati (4 g/100 ekstrak bawang merah) apabila diperlukan (Saleh dan Rahayuningsih 2013). Pengembangan klon ubi jalar tahan terhadap penyakit kudis sangat membantu petani dalam menekan kehilangan hasil dan biaya usaha taninya.



Gambar 4.1. Pertanaman ubi jalar di lahan koleksi plasma nutfah dan di lahan petani.

Sumber: Balitkabi

## 4.2. Jagung Fungsional

Jagung termasuk tanaman C4 dan membutuhkan akumulasi sejumlah panas (*heat unit*) tertentu untuk pertumbuhan dan pematangan bijinya. Suhu yang rendah berakibat memanjangnya umur panen, bahkan apabila selama pertumbuhannya tidak dicapai batas minimal jumlah panas yang diperlukan, tanaman jagung tidak dapat membentuk biji atau biji tidak matang. Tanaman jagung juga sangat responsif terhadap pupuk nitrogen, terutama pada varietas hibrida sehingga memungkinkan produktivitasnya tinggi (Yasin *et al.* 2014)

Teknologi budi daya jagung antioksidan secara umum sama dengan jagung biasa, meskipun ada beberapa hal yang perlu perhatian khusus. Persiapan lahan dilakukan secara sempurna, yaitu dibajak dan digaru. Penanaman benih dengan jarak tanam 75 cm x 20 cm, satu tanaman per rumpun, sehingga jumlah populasi sekitar 66.600 tanaman per ha. Pemupukan dilakukan dengan cara tugal di samping tanaman jagung dengan pupuk Urea dan Ponskha, masing-masing (300-200) kg/ha. Pupuk ponskha diberikan seluruhnya 10 hari setelah tanam (HST) dan pupuk urea pada 35 HST. Pembumbunan tanaman dilakukan bersamaan dengan penyiangan pertama, atau setelah pemupukan kedua. Periode kritis tanaman jagung terhadap gulma yaitu 1-2 bulan pada stadia vegetatif (Yasin *et al.* 2018)

Jagung fungsional khususnya QPM ( jagung berkualitas protein tinggi) mempunyai gen resesif yang hanya bisa kawin atau saling menyerbuk diantara sesamanya. Jika jagung QPM tersebut diserbuki jagung biasa, kandungan proteinnnya menjadi rendah, sama seperti jagung biasa. Hal ini disebut terjadi *xenia effect* (pengaruh tepungsari induk lain) yaitu tepungsari jagung biasa menyerbuki jagung antioksidan sehingga keunggulan atau kadar beta-karoten jagung antioksidan menjadi hilang atau berkurang, sehingga kembali statusnya sama dengan jagung biasa dan

mengakibatkan keunggulan khusus menjadi hilang. Untuk mengatasinya dapat dilakukan dua cara. Pertama, melakukan isolasi tanam selama 14-21 hari. Artinya 14-21 hari sebelum atau sesudah penanaman jagung QPM baru boleh ditanam jagung biasa. Kedua bisa ditanam bersamaan tetapi diberi jarak 300 meter supaya antar jagung tidak saling menyerbuk (Yasin *et al.* 2014).

Cekaman biotik (hama dan penyakit) sering terjadi pada tanaman jagung saat pra panen dan pasca panen yang merupakan kendala dalam peningkatan produktivitas per satuan luas. Hama utama jagung pra panen antara lain lalat bibit, penggerek batang, dan penggerek tongkol. Penyakit utama jagung pra panen antara lain bulai, karat, hawar daun, busuk pelepah, dan busuk tongkol (Mejaya *et al.* 1995).

Penyakit bulai disebabkan oleh cendawan atau jamur *Peronosclerospora maydis*. Penularan spora cendawan pada tanaman jagung terjadi pada pagi hari yang terbawa oleh angin. Penyakit bulai pada tanaman jagung umumnya menyebabkan gejala sistemik yang meluas ke seluruh bagian tanaman dan menimbulkan gejala lokal. Gejala sistemik terjadi bila infeksi patogen mencapai titik tumbuh, sehingga semua daun terinfeksi terutama pada tanaman muda sebelum berbunga. Gejala penyakit yaitu adanya garis-garis berwarna putih hingga kekuningan sejajar dengan tulang daun. Pada pagi hari, di permukaan bawah daun terdapat banyak lapisan berbulu halus berupa spora jamur berwarna putih yang terdiri atas konidiofor dan konidium jamur. Spora tersebut ditularkan melalui angin pada kelembaban yang tinggi. Saat tanaman berumur satu minggu hingga satu bulan setelah tanam merupakan periode tanaman yang sangat rentan terhadap bulai dan menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, kerdil, dan mati. Infeksi dapat mengakibatkan tanaman menjadi kerdil dan tidak menghasilkan tongkol atau tongkol tidak sempurna. Dampak serangan penyakit ini dapat mengakibatkan kehilangan hasil hingga 100% atau gagal panen terutama pada

varietas peka dan apabila jamur menyerang tanaman jagung pada umur awal yaitu sebelum tanaman berbunga. Pengendalian penyakit bulai pada jagung biasa (non-fungsional) dilakukan antara lain dengan menanam varietas tahan yaitu jagung komposit varietas Lamuru, Sukmaraga, dan Lagaligo, atau jagung hibrida varietas HJ-21, HJ-22, HJ-27, HJ-234, HJ-36, dan HJ-45 (Said, *et al.* 2017; Wakman dan Burhanuddin 2007; Pakki dan Muis 2007; Pakki 2014).

Penggerek batang jagung (*Ostrinia furnacalis*) merupakan hama penting pada tanaman jagung di Indonesia. Larva penggerek batang jagung mulai makan pada awal perkembangan tanaman jagung sehingga menyebabkan kehilangan hasil. Lubang gergakan pada varietas Sukmaraga mulai ditemukan pada umur fase vegetatif sebesar 4,8%, sedangkan lubang gergakan pada varietas peka mencapai 100% terjadi pada fase generatif. Tingkat serangan tertinggi terjadi pada varietas Sukmaraga dan Srikandi Kuning, masing-masing sebesar 25% dan terendah pada varietas Srikandi Putih sebesar 12,5%. Serangan pada varietas Srikandi Putih lebih bersifat non-preference terhadap penggerek batang jagung dibandingkan dengan varietas lainnya (Subiadi dan Sipi 2018).

Pengendalian hama penggerek batang jagung dapat dilakukan dengan menggunakan agen hayati (parasitoid, predator dan microbial agents atau patogen serangga). Uji efektifitas nuclear polyhedrosis virus (NVP) terhadap pengendalian hama penggerek batang jagung *Ostrinia furnacalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae) menunjukkan bahwa persentase mortalitas tertinggi (86,08%) terdapat pada perlakuan dosis virus 3000 ppm dan terendah (7,52%) pada perlakuan kontrol (Ginting *et al.* 2014).

Sembilan varietas unggul jagung fungsional kaya antioksidan yang telah dirilis Balitbangtan, Kementan, memiliki potensi hasil 7,40 – 10,40 ton/ha, dengan umur panen 87-110 hari setelah tanam.

Hanya varietas Srikandi Ungu-1 yang menunjukkan respon agak tahan terhadap penyakit bulai yaitu sama dengan varietas Pulut URI-1 dan Bima-1 yang merupakan jagung non-fungsional. Varietas Srikandi Kuning-1 dan Srikandi Putih-1 menunjukkan respon tahan terhadap hama penggerek batang (Tabel 4.2).

Tabel 4.2. Potensi hasil, umur panen, dan ketahanan terhadap hama/penyakit varietas unggul jagung kaya antioksidan.

No.	Varietas	Potensi Hasil (ton/ha)	Umur Panen (bulan)	Ketahanan terhadap	
				Penyakit Bulai	Hama penggerek batang
1	Srikandi Kuning-1	7,92	110	Peka	Tahan
2	Srikandi Putih-1	8,09	110	Peka	Tahan
3	Bima-12Q	9,30	103	Agak peka	Agak toleran
4	Bima-13Q	9,80	103	Agak peka	Agak toleran
5	Bima Putih-1	10,30	100	Sangat peka	-
6	Bima Putih-2	10,40	100	Peka	-
7	Provit A-1	7,40	96	Sangat peka	-
8	Provit A-2	8,86	96	Peka	-
9	Srikandi Ungu-1	8,50	87	Agak tahan	Peka
10	Pulut URI-1*	9,40	85	Agak tahan	-
11	Bima-1*	9,00	97	Agak tahan	-

Keterangan: \* non-fungsional

Sumber: Aqil et al. (2012); Jamil et al. (2016).

Penyakit karat daun disebabkan oleh cendawan atau jamur *Puccinia polysora*, sedangkan penyakit hawar daun disebabkan oleh cendawan *Helminthosporium turicum*. Dampak serangan penyakit karat daun dan hawar daun dapat mengakibatkan kehilangan hasil masing-masing 50% dan 70%. Gejala penyakit karat daun yaitu adanya bisul atau bercak-bercak (*uredinia*) bulat-oval kecil pada permukaan daun berwarna coklat kemerahan yang berubah menjadi hitam kecoklatan dan daun menjadi kering. Penyebaran sporanya melalui angin dan menginfeksi tanaman jagung yang lain pada musim hujan dan musim kemarau. Pengendalian

penyakit karat dilakukan antara lain dengan menanam varietas tahan yaitu jagung komposit varietas Lamuru, Sukmaraga, dan Palakka, atau jagung hibrida varietas Bima-1 dan Semar-10 (Said *et al.* 2017; Wakman dan Burhanuddin 2007).

Gejala penyakit hawar daun yaitu adanya bercak-bercak oval kecil pada awal tanaman terinfeksi, kemudian bercak makin memanjang berbentuk elips dan berkembang menjadi nekrotik yang disebut hawar. Hawar muncul awalnya di bagian daun terbawah dan berkembang ke daun bagian atas. Hawar berwarna hijau keabu-abuan atau coklat merahan yang berubah menjadi hitam kecoklatan dan daun menjadi kering atau mati. Pengendalian penyakit hawar daun pada jagung biasa (non-fungsional) dilakukan antara lain dengan menanam varietas tahan yaitu jagung komposit varietas Bisma, atau jagung hibrida varietas Semar-2 dan Semar-5 (Said *et al.* 2017; Wakman dan Burhanuddin 2007).

### **4.3. Padi Fungsional**

Upaya peningkatan produksi padi merah dan hitam memerlukan teknik budi daya yang baik untuk dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen. Teknologi padi jajar legowo (Jarwo) super merupakan teknologi budi daya padi sawah irigasi secara terpadu berbasis cara tanam jajar legowo 2:1 yang merupakan perbaikan dari teknologi Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) yang sudah luas diterapkan oleh petani di Indonesia.

Aplikasi teknologi padi Jarwo Super di lapangan, menggunakan antara lain: a) Varietas Unggul Baru (VUB) potensi hasil tinggi, b) Biodekomposer, diberikan sebelum pengolahan tanah, c) Pupuk hayati sebagai perlakuan benih (*seed treatment*) dan pemupukan berimbang berdasarkan Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS), d) Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman

(OPT) menggunakan pestisida nabati dan pestisida anorganik berdasarkan ambang kendali, serta e) Alat dan mesin pertanian, khususnya untuk tanam (*jarwo transplanter*) dan panen (*combine harvester*). Teknologi Jarwo Super telah diuji keunggulannya pada musim tanam 2016 melalui demarea seluas 50 ha pada lahan sawah irigasi di Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. Varietas Inpari-30 Ciherang Sub-1, Inpari-32 HDB, dan Inpari-33 telah berproduksi di atas 10 ton GKG/ha, sedangkan produktivitas varietas Ciherang yang diusahakan petani di luar area pengujian hanya 6,0 ton GKG/ha. Analisis usaha tani menunjukkan bahwa teknologi Jarwo Super sangat layak dikembangkan pada skala luas. Sistem tanam jajar legowo dapat meningkatkan hasil gabah karena selain populasinya lebih tinggi dibandingkan cara tanam tegel, tata letak pertanamannya juga lebih baik dalam pemanfaatan radiasi surya dengan adanya lorong antar baris yang lebih lebar (Jamil *et al.* 2016).

Varietas unggul merupakan salah satu komponen utama teknologi yang terbukti mampu meningkatkan produktivitas padi dan pendapatan petani. Dalam hubungannya dengan budi daya padi fungsional kaya antioksidan, maka alternatif pilihan varietas unggul yaitu varietas padi merah Inpari 24 Gabusan, Inpari 25 Opak Jaya, dan Jeliteng. Varietas Inpari 25 Opak Jaya dan Jeliteng tersebut memiliki potensi hasil yang tinggi masing-masing 9,50 dan 9,87 ton GKG/ha, sedangkan varietas Ciherang 8,50 ton GKG/ha dengan umur panen yang lebih genjah dibandingkan varietas Ciherang. Varietas padi fungsional Inpari 25 Opak Jaya dan Jeliteng tersebut agak tahan terhadap hama wereng batang coklat (WBC) biotipe 1, sedangkan Inpari 24 Gabusan menunjukkan respon agak rentan WBC biotipe 1-3. Semua varietas padi fungsional tersebut di atas menunjukkan respon tahan terhadap penyakit hawar daun bakteri (HDB) patotipe III atau IV yaitu sebanding dengan varietas Ciherang (Tabel 4.3).

Tabel 4.3. Potensi hasil, umur panen, dan ketahanan terhadap hama/penyakit varietas unggul padi kaya antioksidan.

No.	Varietas	Potensi hasil (ton/ha)	Umur panen (HST)	Ketahanan terhadap	
				WBC**	HDB**
1	Aek Sibundong	8,00	125	Tahan biotipe 2 & 3	Tahan patotipe IV
2	Inpari 24 Gabusan	7,70	111	Agak rentan biotipe 1-3	Tahan patotipe III
3	Inpari 25 Opak Jaya	9,50	115	Agak tahan biotipe 1	Tahan patotipe III
4	Jeliteng	9,87	113	Agak tahan biotipe 1	Tahan patotipe IV
5	Ciherang* (beras normal)	8,50	125	Tahan biotipe 2	Tahan patotipe III, IV

Keterangan: \*Ciherang = beras biasa (non-fungsional) populer sebagai pembanding;

\*\* WBC = hama wereng batang coklat; HDB = penyakit hawar daun bakteri.

Sumber: Jamil et al. (2016); Abdullah (2018); Indrasari dan Kristantini (2018);

[BB Padi] <http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/info-berita/info-teknologi/padi-hitam-jeliteng-kaya-manfaat>.

#### 4.4. Kedelai Fungsional

Kedelai dapat ditanam di lahan sawah setelah padi atau di lahan kering. Pengembangan kedelai fungsional kaya antioksidan dapat dilakukan antara lain pada lahan kering baik secara monokultur maupun tumpangsari atau sebagai tanaman sela. Pada lahan kering secara monokultur, teknologi budi daya antara lain varietas Devon-1 dan Detam-1-4 (kedelai Hitam). Tanah diolah, saluran drainase dengan jarak: 3-4 m; lebar x dalam : 20 x 30 cm. Jarak tanam 40 x 15 cm dengan sistem tugal. Dosis pupuk disesuaikan dengan status hara tanah dan kebutuhan hara untuk kedelai. Pupuk diberikan bersama saat tanam. Pada lahan masam, pengapuran dilakukan untuk menurunkan kemasaman dan kejenuhan Al <20%, bahan organik diberikan baik sisa hasil tanaman *in situ* maupun pupuk kandang. Pengendalian

hama/penyakit dengan mengikuti sistem pemantauan (monitoring) atau mengikuti sistem PHT (*preventif & curative*). Panen dilakukan menurut sistem konvensional, gabungan konvensional + mesin, atau mekanisasi penuh (Balitbangtan 2015; Sudaryono *et al.* 2016).

Kendala utama pada peningkatan produksi kedelai adalah serangan hama, penyakit, dan ketidakseimbangan hara di tanah. Serangan hama dan penyakit berpotensi menurunkan kualitas hasil sedangkan ketidakseimbangan hara di tanah berdampak terhadap penurunan produksi, mutu hasil, dan tanaman lebih rentan terhadap serangan hama dan penyakit. Serangan hama dan penyakit tertentu pada tanaman seringkali menampilkan gejala serupa dengan gejala ketidakseimbangan hara. Gejala tersebut perlu diidentifikasi agar penyebabnya dapat diketahui dengan tepat untuk menentukan cara pengendalian atau pemulihan tanaman dengan efisien dan efektif (Marwoto *et al.* 2017).

Enam varietas unggul kedelai fungsional kaya antioksidan memiliki potensi hasil 2,90-3,50 ton/ha, dengan umur panen 75-84 hari setelah tanam. Lima dari enam varietas menunjukkan respon agak tahan terhadap hama pengisap polong (kecuali Detam-3 yang menunjukkan respon peka). Varietas Devon-1 dan Devon-2 menunjukkan respon tahan terhadap penyakit karat daun. Detam-3 dan Detam-4 masing-masing menunjukkan respon peka dan agak tahan terhadap penyakit karat daun (Tabel 4.4).

Tabel 4.4. Potensi hasil, umur panen, dan ketahanan terhadap hama/penyakit varietas unggul kedelai kaya antioksidan.

No.	Varietas	Potensi hasil (ton/ha)	Umur panen (H)	Ketahanan terhadap	
				Hama polong	Penyakit karat daun
1	Devon-1	3,09	83	Agak tahan	Tahan
2	Devon-2	2,90	82	Agak tahan	Tahan
3	Detam-1	3,50	84	Agak tahan	-
4	Detam-2	3,00	82	Agak tahan	-
5	Detam-3	3,20	75	Peka	Peka
6	Detam-4	2,90	76	Agak tahan	Agak tahan

Keterangan: \*HST = hari setelah tanam

Sumber: Harnowo et al. (2017); Musadad (2016).

# Bab V.

## Produk Olahan Pangan Fungsional Kaya Antioksidan

*Erliana Ginting, Joko S. Utomo, Bambang S. Koentjoro, dan Made J. Mejaya*

**K**omoditas tanaman pangan antara lain padi, jagung, kedelai, dan ubi jalar memiliki peranan strategis untuk memenuhi kebutuhan pangan, pakan dan industri dalam negeri. Kebutuhan komoditas tersebut terus mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya industri pangan dan pakan sehingga amat strategis dari sisi ketahanan pangan nasional. Salah satu strategi yang dilakukan dalam upaya memacu peningkatan produksi usaha tani komoditas tersebut adalah dengan pengembangan kebijakan usaha pertanian yang berorientasi peningkatan produktivitas dan diversifikasi pangan. Hal ini dilakukan dengan meningkatkan konsumsi sumber karbohidrat lainnya selain beras dalam pemenuhan kebutuhan pangan pokok guna mendukung program diversifikasi pangan.

Diversifikasi pangan yang dicanangkan pemerintah melalui penganekaragaman produk olahan pangan fungsional kaya antioksidan diperlukan guna mendukung pola konsumsi pangan yang beragam, bergizi, berimbang dan aman serta dapat terjangkau oleh seluruh lapisan masyarakat. Pangan fungsional yang dibutuhkan antara lain yang erat kaitannya dengan pangan yang mampu menghambat proses penuaan, meningkatkan daya immunitas tubuh, mencegah penyakit tertentu, penyembuhan dari penyakit spesifik, mengendalikan kondisi fisik dan mental, dan

meningkatkan kebugaran (Suter 2013). Pengembangan industri makanan fungsional akan menguntungkan industri pangan, masyarakat, dan pemerintah sehingga akan tercipta ketahanan pangan nasional. Hal ini dimaksudkan guna mengubah pola konsumsi masyarakat agar lebih bervariasi dalam konsumsi pangan dan lebih meningkat nilai gizinya (Lastinawati 2010; Suter 2013).

Berikut beberapa produk olahan pangan fungsional kaya antioksidan yang sebagian besar merupakan hasil penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan).

### **5.1. Produk Olahan Ubi jalar Fungsional**

Berdasarkan nilai gizi dan ketersediaan bahan baku, ubi jalar potensial sebagai bahan diversifikasi pangan lokal. Dengan kandungan beta-karoten sebagai provitamin A, antosianin dan fenol sebagai antioksidan, serat pangan, dan indeks glikemiknya yang relatif rendah juga merupakan nilai tambah ubi jalar sebagai pangan fungsional. Namun pemanfaatannya masih terbatas pada makanan tradisional sehingga citranya seringkali dianggap rendah yaitu makanan untuk kalangan masyarakat ekonomi menengah ke bawah. Selain diversifikasi, peningkatan konsumsi ubi jalar juga dapat dilakukan melalui promosi ubi jalar sebagai pangan fungsional seiring dengan meningkatnya kesadaran dan tuntutan masyarakat terhadap pangan sehat (Ginting *et al.* 2011).

Berbagai produk olahan dari ubi jalar segar maupun produk antara (tepung) berpeluang mensubstitusi penggunaan terigu 10-100%. Pembuatan mie dari bahan baku terigu lokal dengan formulasi 100% atau dengan substitusi ubi jalar 40% sangat prospektif untuk dikembangkan. Kadar protein mie yang dihasilkan cukup tinggi dengan nilai masing-masing 18,86% bk dan 18,13% bk. Dari segi warna, aroma, rasa dan tekstur produknya menunjukkan bahwa ubi jalar sangat prospektif untuk

menggantikan/mensubstitusi sebagian terigu guna menekan angka impor terigu (Utomo dan Yulifianti 2011).

Antosianin ubi jalar relatif tidak stabil dan mudah terdegradasi selama pengolahan dan penyimpanan. Proses pengolahan ubi ungu dapat menurunkan kadar antioksidan. Antosianin dapat rusak akibat suhu tinggi (pemanasan) yang biasa digunakan dalam pembuatan sejumlah produk olahan ubi jalar. Penurunan aktivitas antioksidan berbanding lurus dengan penurunan kadar antosianin pada semua produk olahan. Kehilangan antosianin tertinggi terjadi pada proses perebusan. Kadar antosianin ekstrak mentah lebih tinggi dari kukus dan rebus. Retensi antosianin pada ubi kukus lebih tinggi dibandingkan dengan ubi goreng (Ginting 2011). Penurunan aktivitas antioksidan berbanding lurus dengan penurunan kadar total fenolik dan antosianin serta proses produk olahan dengan urutan mentah, kukus dan rebus. Produk pangan dalam bentuk tepung ubi ungu memiliki warna antosianin produk yang tidak mengalami kerusakan drastis selama proses pengolahan (Hermayudha 2013; Husna *et al.* 2013; Salim *et al.* 2017; Mulyawanti *et al.* 2018).

Produk olahan pangan dengan bahan baku ubi jalar berdasarkan hasil-hasil penelitian Balitbangtan yaitu: tepung ubi jalar, dengan produk olahannya antara lain kue kering, cake, roti tawar, brownies, dodol, jajanan basah, mie, dll; kubus dan granula instan, pati, dengan produk olahannya antara lain: suun, roti tawar, dan roti manis; serta pasta ubi jalar, dengan produk olahannya antara lain: jus, saos, selai, mie, es krim, es puter, kue basah/jajanan, stik, roti tawar, dan roti manis (Gambar 5.1.). Varietas Beta 1 dan Beta 2 kaya beta-karoten; Antin 1 (putih kombinasi ungu) sesuai untuk bahan baku keripik dan varietas Antin 2 dan Antin 3 kaya antosianin (Ginting *et al.* 2006, 2008, 2014, 2015), yang memiliki kandungan antosianin lebih tinggi

dibanding Ayamurasaki dengan potensi hasil 30-37 t/ha (Ginting *et al.*, 2011, Balitkabi 2016).



Es krim ubi jalar ungu



Mie ubi jalar ungu



Stick ubi jalar ungu

Keripik ubi jalar ungu

Gambar 5.1. Produk olahan pangan berbahan baku ubi jalar ungu.

Sumber: Balitbangtan 2012; 2018.

Ubi jalar ungu dapat dimanfaatkan sebagai minuman yang bebas penambahan gula. Rasa manis yang diciptakan dalam minuman diperoleh dari hasil proses enzimatis  $\alpha$ -amilase dan gluukoamilase yang memecahkan rantai pati menjadi gula sederhana. Tingkat kemanisan pada minuman tersebut dipengaruhi oleh substrat. Pada konsentrasi tepung ubi ungu 25%, dihasilkan minuman ubi ungu dengan kadar antosianin sebanyak 288.89 mg/100g, dan kemanisan yang sesuai berdasarkan hasil organoleptik yang mengandung 8.38% gula reduksi (Ticoalu *et al.*

2016). Ubi jalar ungu juga dapat digunakan pada pembuatan produk Snack Bars Visto dan Soerabi Visto. Snack Bars Visto dengan menggunakan keripik ubi jalar ungu sebanyak 50% dan rice crispy 50%, sedangkan pada pembuatan Soerabi Visto dengan menggunakan tepung ubi jalar ungu 15% dan tepung terigu 85%. Kedua produk tersebut dapat diterima dengan baik oleh masyarakat (Widiyah 2017).

Ubi jalar berpotensi sebagai bahan substitusi susu dalam pembuatan yogurt karena akan memberikan nilai lebih dengan adanya oligosakarida dan aktivitas antioksidan yang terkandung didalamnya (Retnati *et al.* 2009). Campuran sagu baruk dan ubi jalar ungu dapat dibuat beras analog yang memiliki potensi antioksidan (Kaemba *et al.* 2017). Jus ubi jalar ungu memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan ubi jalar kuning dan ubi jalar putih (Palupi *et al.* 2012).

Produk pangan komersial yang menggunakan ubi jalar sebagai bahan bakunya telah diterima masyarakat konsumen. Salah satu produsen produk ubi jalar yang terkenal di Jawa Timur yaitu Sentra Pangan Agribisnis Terpadu (SPAT) Bakpao Telo di Malang. Perusahaan ini telah memasarkan beragam produk olahan ubi jalar, terutama dari ubi jalar ungu. Produk-produk tersebut dikemas baik sehingga penampilannya menarik dan dijual dengan harga yang relatif setara, bahkan lebih mahal dari produk sejenis berbahan baku terigu, sehingga turut menaikkan citra ubi jalar. Upaya ini diharapkan dapat memaksimalkan pemanfaatan, menaikkan citranya sebagai makanan sehat sekaligus memberi nilai tambah.

Ubi jalar mempunyai beberapa keunggulan sebagai bahan pangan antara lain memiliki nilai gizi yang tinggi yaitu kaya akan karbohidrat, vitamin A dan C, antosianin (antioksidan) dan mineral. Di samping itu, ubi jalar juga mengandung senyawa karotenoid, yaitu pigmen yang menyebabkan daging umbi

berwarna kuning, oranye hingga jingga. Komponen utama karotenoid pada ubi jalar adalah  $\beta$ -karoten (86-90%), merupakan pro-vitamin A karena dapat diubah menjadi vitamin A didalam mukosa usus manusia. Ubi jalar yang memiliki warna daging umbi oranye dengan kadar  $\beta$ -karoten tinggi sangat diperlukan sebagai sumber pro-vitamin A. Di beberapa daerah Indonesia bagian Timur yang makanan pokoknya ubi jalar, kasus defisiensi vitamin A sangat banyak ditemui terutama di provinsi Papua dan Papua Barat. Vitamin A sangat bermanfaat untuk penglihatan, differensiasi sel, dan morfogenesis. Ini berarti, bahwa sebagian besar proses fisiologi tubuh manusia seperti pertumbuhan, perkembangbiakan dan peningkatan kekebalan (immunitas) dipengaruhi oleh vitamin A. Bagi anak-anak terutama usia balita, vitamin sangat berguna bagi kesehatan mata, sehingga defisiensi vitamin A pada usia dini dapat mengakibatkan gangguan penglihatan dari tahap yang ringan (rabun senja) sampai berat (kebutaan permanen). Defisiensi vitamin A juga dapat juga bersifat subclinical, yang ditandai dengan terjadinya diare, gangguan pernafasan dan kematian pada anak-anak usia balita (Suharno *et al.* 1993).

Ubi jalar juga banyak mengandung antosianin terutama pada varietas/klon yang umbinya berwarna ungu gelap. Ubi jalar ungu yang kaya antosianin memiliki nilai komersial tinggi, berperan sebagai pangan fungsional dan zat pewarna alami yang relatif stabil. Antosianin pada ubi jalar mempunyai berbagai fungsi yang berguna bagi kesehatan tubuh seperti sebagai anti oksidan, anti penuaan dini, anti hipertensi, pencegahan gangguan dan fungsi hati serta anti hiperglisemik/ menurunkan kadar gula darah (Suda *et al.* 2003). Di Jepang, ubi jalar warna ungu banyak dikembangkan untuk kegunaan zat pewarna alami pada berbagai makanan, penawar racun, mencegah sembelit, dan membantu menyerap kelebihan lemak dalam darah. Juga dapat menghalangi

munculnya sel kanker serta bagus dikonsumsi penderita jantung koroner (Yoshinaga 1997).

## **5.2. Produk Olahan Jagung Fungsional**

Berbagai produk makanan olahan yang berasal dari jagung dapat dihasilkan antara lain: puding, es krim, susu segar yang bahan dasarnya biji jagung muda masak susu. Sedangkan dari biji jagung pipilan kering dapat diolah menjadi bahan setengah jadi (beras jagung, tepung, dan pati) yang selanjutnya dapat diolah menjadi produk makanan mie, aneka roti, cake, cookies dan kripik jagung (tortilla chips), marning, emping, dan tape. Tepung jagung (maizena) dapat digunakan sebagai substitusi tepung beras atau terigu sebanyak 20-25% pada produk olahan roti dan mi, 40-50% pada produk olahan cake, 70-80% terhadap cookies dan sejenisnya (Richana dan Suarni 2007; Suarni 2009, 2013; Suarni, Yasin 2011).

Aneka produk olahan pangan dengan bahan baku biji jagung disajikan pada Gambar 5.2. Beras jagung sosoh pratanak instan merupakan produk pangan instan berbentuk granulat. Beras jagung yang telah disosoh menjadi butiran yang lebih kecil kemudian direndam menggunakan starter mikroba sehingga terjadi fermentasi sehingga mutu beras jagung sosoh menjadi konsisten.



Beras jagung sosoh pratanak



Susu jagung



Tepung jagung instan



Mie jagung termodifikasi



Gambar 5.2. Produk olahan pangan dengan bahan baku biji jagung.  
 Sumber: Balitbangtan (2012; 2018); BB Pascapanen (2019)

Fermentasi meningkatkan nilai cerna pati dan mempercepat waktu tanak beras jagung menjadi 20 menit yaitu sama dengan waktu tanak beras padi. Beras jagung sosoh pratanak instan dapat dikonsumsi oleh penderita diabetes karena produk ini mempunyai indeks glikemik rendah yaitu kurang dari 40. Proses pemasakan beras jagung tidak sama dengan beras padi. Pemasakannya cukup direbus dengan air atau susu dalam waktu singkat. Tepung jagung juga dapat dibuat secara fermentasi kemudian diayak dengan

ukuran ayakan 100 mesh (Richana dan Suarni 2007; Balitbangtan 2018).

Gula pati dibuat dari bahan berpati seperti tapioka, aneka umbi, sagu, dan jagung yaitu gula dari hidrolisa pati. Gula dari pati dapat berupa sirup glukosa, fruktosa, maltosa, manitol, dan sorbitol. Gula pati tersebut mempunyai rasa dan tingkat kemanisan yang hampir sama dengan gula tebu (sukrosa), bahkan beberapa jenis lebih manis. Agroindustri pati jagung dan turunannya prospektif untuk meningkatkan nilai tambah jagung yang diharapkan dapat mendorong pengembangan industri gula pati yang menghasilkan sirup glukosa, fruktosa, dan gula alkohol lainnya (Richana dan Suarni 2007). Berbagai jenis bahan kaya serat alami ditambahkan ke berbagai produk berbasis roti untuk meningkatkan kandungan seratnya untuk kesehatan. Roti dengan penambahan 4% bubuk tongkol jagung muda dapat diterima dan berpotensi digunakan dalam peningkatan komposisi gizi tanpa mengubah skor sensorik (Lim dan Rosli 2013).

Aneka produk olahan pangan di atas sebagian besar masih menggunakan jagung biji warna kuning atau oranye yang kadar antosianinnya masih lebih rendah dibandingkan dengan jagung ungu, sehingga perlu lebih dipromosikan pembuatan pangan sehat berbahan jagung fungsional biji ungu. Oleh karena itu, perlu program peningkatan luas tanam jagung unggul khusus (*specialty corns*) untuk pangan fungsional terutama jagung jenis *Quality Protein Maize (QPM)*, jagung provitamin A (*beta-karoten*), dan jagung ungu. Jagung QPM dapat diolah menjadi produk pangan sebagaimana jagung biasa, antara lain menjadi tepung, pati, susu jagung, jagung sosoh pratanak cepat masak, tepung instan, serta aneka kudapan berbasis jagung utuh maupun tepung jagung. Berdasarkan kualitas gizi dan sifat fungsionalnya, menu makanan berbasis jagung QPM dapat meningkatkan status gizi masyarakat (Widowati 2012).

### 5.3. Produk Olahan Beras Fungsional

Beras merah dan beras hitam mengandung senyawa flavonoid yang dapat berperan sebagai antioksidan. Beras merah memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi yaitu 95,05% (Aziz *et al.* 2015). Dalam 100 gram beras hitam mengandung 351 kkal yang jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan jenis beras yang lain, tetapi kandungan antioksidannya 46,20% yaitu lebih besar dibandingkan dengan beras merah dan beras putih (Zuhriani 2015). Aneka produk olahan pangan dengan bahan baku beras disajikan pada Gambar 5.3.

Beras Indeks Glikemik Rendah (IGr) merupakan beras yang mempunyai IGr < 55 yang dapat diperoleh secara genetik atau melalui proses pratanak dengan penurunan IGr beras. Manfaat beras IGr yaitu membantu mencegah dan mengendalikan penyakit diabetes mellitus serta menjaga berat badan ideal dengan diet rendah kalori untuk penderita diabetes. Keunggulan beras IGr yaitu memodifikasi sifat fungsional; meningkatkan serat pangan dan kadar amilosa; menurunkan daya cerna pati dan indeks glikemik; serta meningkatkan mutu giling dan rendemen beras (Balitbangtan 2012).



Beras indeks glikemik rendah



Beras beriodium



Minyak dedak padi



Gambar 5.3. Aneka produk olahan pangan berbahan baku beras.

Sumber: Balitbangtan (2012; 2018); BB Pascapanen (2019)

Masalah kekurangan gizi antara lain disebabkan karena kekurangan iodium. Gangguan Akibat Kekurangan Iodium (GAKI) diantaranya kerusakan otak, keguguran, gangguan pertumbuhan dan gondok yang dapat diderita siapa saja dan segala usia. Kebutuhan iodium dalam tubuh manusia dan akibat kekurangannya antara lain pada bayi 0,03 mg/hari, menyebabkan kematian bayi, bisu, dan tuli; pada anak/dewasa 150 mg/hari, menyebabkan gondok, gangguan mental, keterlambatan pertumbuhan, dan penurunan IQ; serta pada ibu hamil/menyusui 200 mg/hari menyebabkan keguguran dan kerusakan otak pada janin. Fortifikasi iodium pada beras lebih efektif dari garam dapur. Biaya fortifikasi beras beriodium relatif murah dibanding fortifikasi iodium pada garam (Balitbangtan 2012; 2018).

Minyak dedak padi merupakan minyak hasil ekstraksi dari dedak padi melalui proses stabilisasi dan pemurnian. Minyak dedak memiliki kandungan vitamin, antioksidan dan nutrisi serta dapat menurunkan kandungan kolesterol di dalam tubuh manusia. Minyak dedak dapat diolah menjadi minyak goreng bermutu tinggi dengan nilai titik asap yang cukup tinggi yaitu 254° C. Keunggulan dari dedak padi sebagai minyak antara lain berlimpahnya bahan baku dedak padi, rendemen minyak 14-19%, mengandung antioksidan yang tinggi (tocorefol, tocotrienol dan oryzanol). Ampas dedak hasil ekstraksi dapat digunakan lagi sebagai pakan dengan kadar protein yang tinggi. Manfaat dedak padi yaitu dapat menghasilkan minyak goreng bermutu tinggi. Pengembangan produk minyak dedak sebagai food supplement dan minuman antioksidan serta diversifikasi produk olahan padi dapat meningkatkan nilai tambah produk ((Balitibangtan 2012; 2018).

Tepung beras hitam dapat menggantikan 60% tepung terigu pada pembuatan brownies kukus, dengan kualitas yang memenuhi syarat untuk dikonsumsi (Zuhriani 2015). Pada pembuatan sponge cake, beras hitam memberikan nilai antioksidan 44,94%, kadar polifenol 13,79% dan antosianin 10,31 mg/L yang lebih tinggi, serta karakteristik fisik yang lebih baik dibandingkan dengan beras merah dan beras putih (Anggraini *et al.* 2017). Campuran tepung beras hitam dan kedelai hitam pada pembuatan Cookies memiliki indeks glikemik yang rendah yaitu sebesar 39,74 (Agustina 2017).

#### **5.4. Produk Olahan Kedelai Fungsional**

Tempe adalah produk olahan dari biji kacang kedelai melalui fermentasi yang memiliki rasa dan tekstur yang disukai serta aman dikonsumsi. Kualitas tempe sangat dipengaruhi oleh jenis kedelai, terutama karakter fisik. Ukuran biji merupakan penentu

mutu tempe karena berkorelasi positif dengan bobot dan volume tempe (Ginting *et al.* 2009; 2014). Varietas kedelai berpengaruh nyata terhadap rendemen, kekerasan, kadar abu, dan kadar air tahu. Rendemen tahu lebih banyak dipengaruhi oleh kadar protein biji kedelai. Hal ini menunjukkan keragaman sifat fisik dan kimia biji dari varietas kedelai yang berbeda mempengaruhi kualitas tahu yang dihasilkan (Yulifianti dan Ginting 2012). Peningkatan kadar flavonoid dan asam fenolik berkontribusi terhadap sifat antioksidan tinggi protein tempe (Abdullah *et al.* 2017). Pengrajin tempe menyukai kedelai berwarna kuning dan berbiji besar karena menghasilkan tempe yang warnanya cerah dan volumenya besar ataumekar (Krisdiana 2005).

Manfaat tempe bagi kesehatan adalah mencegah penyakit usus, perlindungan terhadap penyakit kardiovaskular, kanker payudara, kanker prostat, menopause dan gangguan tulang (Astuti *et al.* 2000). Berbagai produk olahan kedelai terutama yang telah dikenal masyarakat yaitu tempe, tahu, susu kedelai, kecap, dan lainnya berasal dari berbagai varietas kedelai yang dihasilkan oleh Balitbangtan bekerjasama dengan petani dan produsen produk olahan oleh para pelaku industri. Penggunaan tempe dalam makanan konsumsi telah berevolusi dari tahap nutrisi dasar ke pengembangan produk turunan seperti burger dan salad, dan dalam beberapa tahun terakhir manfaat kesehatan menjadi dorongan penting untuk konsumsinya (Nout and Kiers 2005). Produk olahan tempe dan produk turunan tempe berupa nugget tempe dan burger tempe disajikan pada Gambar 5.4 dan 5.5.



Tempe varietas Devon



Tahu



Kecap



Susu kedelai hitam

Gambar 5.4. Aneka produk olahan pangan berbahan baku kedelai.

Sumber: Balitbangtan (2012, 2018,2019); Ginting et al. ( 2019);



Nugget tempe



Burger tempe

Gambar 5.5. Aneka produk olahan pangan berbahan baku kedelai.

Sumber: <https://kumparan.com/kumparanfood/resep-masakan-nugget-tempe-makanan-mewah-untuk-akhir-bulan-1543233202792797241>.

[https://cookpad.com/id/resep/9552261-burger-tempe?via=search&search\\_term=burger%20tempe](https://cookpad.com/id/resep/9552261-burger-tempe?via=search&search_term=burger%20tempe).

Badan Litbang Pertanian telah melepas varietas-varietas unggul baru yang warna bijinya kuning dan berukuran besar dengan bobot 14-17g/100 biji, mirip dengan kedelai impor yang

bobotnya 15-16g/100 biji (Tabel 5.1). Varietas unggul tersebut, antara lain Anjasmoro, Argomulyo, Grobogan, Burangrang, Panderman dan Bromo yang terutama sesuai untuk bahan baku tempe. Mutu tempe yang dibuat dengan menggunakan beberapa varietas tersebut sama dengan kedelai impor, bahkan kandungan proteinnya lebih tinggi karena kadar protein bijinya juga lebih tinggi

Kadar protein biji kedelai merupakan penentu mutu tahu karena berkorelasi positif dengan bobot (rendemen) dan tekstur tahu, sedangkan ukuran biji tidak berpengaruh terhadap mutu tahu. Umumnya kadar protein varietas unggul kedelai yang telah dilepas Badan Litbang Pertanian lebih tinggi dibandingkan kedelai impor yang kadar proteinnya hanya 35-37% bk. Rendemen dan tekstur tahu yang dihasilkan dari beberapa varietas unggul tersebut, terutama Kaba, Gema, Gepak Kuning dan Anjasmoro tampak lebih tinggi bila dibandingkan dengan kedelai impor (Ginting *et al.* 2009).

Untuk bahan baku susu kedelai diperlukan biji kedelai yang berwarna kuning, berkadar protein tinggi dan intensitas langunya rendah. Varietas Lokal Ponorogo (diputihkan dengan nama Gepak Kuning), Wilis dan Bromo sesuai untuk susu kedelai dan disukai citarasanya. Varietas Detam-1 juga prospektif untuk bahan baku susu kedelai karena kadar protein susunya cukup tinggi (2,1%), namun warnanya relatif lebih gelap. Informasi keunggulan antiosidan yang terdapat pada kulit biji kedelai hitam sebagai antioksidan, perlu dipromosikan guna memacu pemanfaatannya untuk susu kedelai di samping untuk kecap. Sebagai contoh, di Korea Selatan tersedia dua varian susu kedelai dalam kemasan botol, kaleng, dan tetrapack, yakni terbuat dari kedelai kuning dan hitam (Ginting *et al.* 2009).

Tabel 5.1. Ukuran biji dan komposisi kimia varietas kedelai hitam dan kedelai kuning.

Varietas	Bobot 100 biji (g)	Warna kulit biji	Protein (% bk)*	Lemak (% bk)*	Potensi hasil (t/ha)	Tahun dilepas
Detam 4 Prida	11,0	Hitam	40,3	19,7	2,9	2013
Detam 3 Prida	11,8	Hitam	36,4	18,7	3,2	2013
Detam 2	13,5	Hitam	45,6	14,8	3,0	2008
Detam 1	14,8	Hitam	45,4	13,1	3,5	2008
Mallika	10,0	Hitam	37,0	20,0	2,9	2007
Anjasmoro	15,3	Kuning	42,1	18,6	2,3	2001
Kedelai impor	15,8	Kuning	36,8	21,7	-	

Keterangan \*bk = basis kering

Sumber: Ginting et al. (2009).

Kedelai berbiji hitam sesuai untuk bahan baku kecap karena kandungan proteinnya relatif lebih tinggi dibandingkan kedelai kuning dan dapat memberi warna hitam alami pada kecap yang dihasilkan. Merapi, Cikuray, dan Mallika merupakan varietas unggul kedelai hitam yang memiliki ukuran biji kecil (Tabel 5.1). Varietas Detam 1 dan Detam 2 yang berukuran biji lebih besar (14 g/100 biji) dengan kadar protein (43-44,6% bk) dan potensi hasil lebih tinggi (3,0-3,5 ton/ha) dilepas tahun 2008. Hasil kecap manisnya, memiliki kadar protein sedikit lebih tinggi dibanding kedelai kuning, sedang bobot dan volume kecap serta sifat sensorisnya relatif sama (Tabel 5.3). Selanjutnya pada tahun 2013 dilepas varietas Detam 3 Prida dan Detam 4 Prida dengan keunggulan umur lebih genjah (75-76 hari).

Tabel 5.2. Sifat fisik dan kimia biji varietas kedelai hitam dan kuning serta sifat kimia dan sensoris kecap manis.

Varietas	Warna kulit biji	Bobot 100 biji (g)	Protein biji (% bk)	Volume kecap (ml)	Protein kecap (% bk)	Warna Kecap*	Rasa Kecap*
Detam 1	Hitam	14,0	45,4	72,7	2,7	3,3	3,0
Detam 2	Hitam	13,7	45,6	73,5	2,7	4,0	3,3
Cikuray	Hitam	11,5	43,8	73,8	2,8	3,8	3,1
Burangrang	Kuning	14,9	44,0	73,1	2,4	4,0	3,0
Wilis	Kuning	11,0	40,6	73,8	2,6	3,8	3,3

Keterangan : \* Skor warna dan rasa: 1 = sangat tidak enak sampai 5 = sangat enak.

Sumber: Ginting *et al.* (2009).

Sosialisasi varietas Detam 1, Detam 3 Prida dan Detam 4 Prida kepada industri kecap di Probolinggo (Kecap 'Jual Sate') dan di Sleman, Yogyakarta (Kecap 'Primasari') telah dilakukan pada tahun 2013. Setelah diolah dengan proses pengolahan yang biasa dilakukan, kedua perusahaan tersebut sangat menyukai varietas Detam 1 berdasarkan kriteria kemudahan dimasak/ direbus, citarasa dan aroma filtrat (hasil fermentasi II) dan kecap yang dihasilkan (gurih), diikuti Detam 4 Prida dan Detam 3 Prida. Sementara untuk rendemen kecap, relatif sama untuk ketiga varietas tersebut. Diharapkan ke depan, varietas kedelai hitam tersebut dapat diproduksi oleh petani dalam jumlah cukup dan baik kualitas fisiknya untuk memasok kebutuhan industri kecap tersebut (Ginting *et al.* 2019).



# Bab VI.

## Diversifikasi Pangan

*Haris Syahbuddin, Agus W. Anggara, dan Made J. Mejaya*

**T**ugas utama yang diemban pemerintah dalam pembangunan pertanian adalah menyediakan pangan yang cukup, berkualitas, dan harga yang terjangkau bagi masyarakat. Menurut PP RI nomor 17 tahun 2015, pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan Pangan, bahan baku Pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan/atau pembuatan makanan atau minuman.

Keberhasilan penyediaan pangan akan memperkokoh ketahanan nasional yang sangat penting dalam rangka pembangunan nasional. Ketahanan Pangan adalah kondisi terpenuhinya Pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya Pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan (PP RI nomor 17 tahun 2015).

Konsep tersebar merata di seluruh wilayah Indonesia menunjukkan bahwa program ketahanan pangan baik di perdesaan maupun di perkotaan perlu didukung dengan program pengembangan diversifikasi pangan guna mengurangi

ketergantungan pada beberapa komoditas pangan tertentu antara lain beras dan terigu. Pengembangan bahan pangan pokok sumber karbohidrat selain beras dan terigu sudah sewajarnya mendapat prioritas, karena kedua komoditas pangan ini memiliki kendala untuk pengembangan secara luas di Indonesia yaitu lahan yang cocok semakin terbatas. Oleh karena itu, maka pengurangan konsumsi beras dan terigu dengan penambahan konsumsi bahan pangan non-beras dan terigu menjadi sangat strategis. Terigu yang berasal dari tanaman gandum hampir seluruhnya masih import sehingga khusus untuk terigu kondisinya menjadi sangat rawan karena tergantung sepenuhnya kepada negara lain. Program pengembangan diversifikasi pangan khusus untuk mengurangi ketergantungan pada import terigu perlu dilakukan secara bertahap.

Diversifikasi pangan telah lama dicanangkan oleh pemerintah dalam upaya untuk mendorong masyarakat agar menambah variasi makanan pokok yang dikonsumsi sehingga tidak tergantung pada hanya satu jenis komoditas. Pada tahun 2017, konsumsi beras Indonesia sebesar 114,6 kg per kapita per tahun, jauh di atas konsumsi penduduk konsumen beras dunia yang rata-rata hanya 60 kg per kapita per tahun dan negara lain seperti Korea (40kg per kapita per tahun), Jepang (50 kg per kapita per tahun), Malaysia (80 kg per kapita per tahun), serta Thailand (70 kg per kapita per tahun). Demikian juga konsumsi terigu sejak tahun 2010 mencapai 17 kg per kapita per tahun, atau naik sebesar 500% dalam kurun waktu 30 tahun (Andri 2019).

Hasil analisis Hardono (2014) menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan konsumsi pangan lokal, termasuk di wilayah yang sebelumnya mempunyai pola pangan pokok berbasis pangan lokal seperti Maluku dan Papua. Sebaliknya, telah terjadi peningkatan konsumsi terigu dan turunannya. Pengembangan diversifikasi pangan sebagai bagian untuk mewujudkan kedaulatan pangan hendaknya dilakukan oleh semua kalangan.

Upaya tersebut dapat dilakukan dengan menyusun dan implementasi strategi kebijakan terkait optimalisasi pemanfaatan potensi lahan dan kebiasaan mengkonsumsi pangan lokal, serta pengembangan produksi, industri, dan konsumsi pangan lokal baik masyarakat di perdesaan maupun di perkotaan.

Masyarakat di perdesaan mempunyai preferensi yang berbeda terhadap jenis komoditas pangan dibandingkan dengan masyarakat di perkotaan. Pola konsumsi pangan masyarakat perkotaan di Indonesia telah menunjukkan adanya kecenderungan ke arah konsumsi pangan yang lebih beranekaragam, walaupun konsumsi beras masih cukup tinggi. Salah satu faktor yang sangat penting dalam mendorong perubahan pola konsumsi tersebut adalah peningkatan pendapatan. Perubahan pola konsumsi pangan kearah yang lebih beraneka ragam akan menunjang dicapainya kelestarian swasembada beras. Peningkatan pendapatan akan disertai peningkatan pengeluaran untuk komoditas non beras sehingga permintaan efektif terhadap beras akan berkurang. Produksi komoditas pangan non beras terutama pangan hasil olahan perlu mendapat prioritas pengembangannya untuk mengantisipasi arah perubahan pola permintaan pangan dimasa depan (Pakpahan dan Suhartini 1989).

Program diversifikasi pangan saat ini mendapat perhatian pemerintah yang lebih terarah dalam upaya untuk mendorong masyarakat agar menambah variasi makanan pokok. Hal ini terbukti dengan diterbitkannya Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 83 tahun 2017 Tentang Kebijakan Strategis Pangan dan Gizi. Menurut PP RI nomor 83 tahun 2017, pembangunan pangan dan gizi dilaksanakan dalam satu kesatuan untuk meningkatkan ketahanan pangan dan gizi yang berkelanjutan guna mewujudkan sumber daya manusia yang berkualitas dan berdaya saing. Mutu dari suatu komoditas pangan yang dinyatakan dengan gizi juga mendapat perhatian yang sangat besar dari Pemerintah. Gizi adalah zat atau senyawa yang

terdapat dalam pangan yang terdiri atas karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, serat, air, dan komponen lain yang bermanfaat bagi pertumbuhan dan kesehatan manusia. Status gizi adalah kondisi kesehatan tubuh seseorang yang merupakan hasil akhir dari asupan makanan ke dalam tubuh dan pemanfaatannya. Ketahanan pangan dan gizi adalah kondisi terpenuhinya kebutuhan pangan dan gizi bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, memenuhi kecukupan gizi, merata dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk mewujudkan Status Gizi yang baik agar dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan.

Untuk memberikan daya ungkit dan dorongan kuat yang efektif dan efisien di bidang pangan dan gizi, dilaksanakan koordinasi lintas sektor Pemerintah Pusat, Pemerintah Daerah, dan para pemangku kepentingan melalui berbagai kebijakan, program, dan kegiatan. Upaya mengedukasi masyarakat agar mengurangi konsumsi beras dan mengalihkannya ke konsumsi pangan yang lebih beragam ini sangat penting untuk dilakukan. Salah satu jalannya adalah mengembalikan pangan lokal khususnya daerah-daerah Indonesia Timur dan daerah lain yang awalnya konsumsi utamanya adalah pangan lokal. Permasalahan diversifikasi pangan ini cukup kompleks, terutama tantangan untuk mengubah pola konsumsi masyarakat dari bahan pangan beras ke non beras. Untuk mengubah pola konsumsi tersebut, maka banyak hal yang perlu disiapkan, antara lain penyediaan bahan pangan non beras, pengolahannya yang harus sesuai citarasa masyarakat, kemasan menarik, dan keterjangkauan harga dengan memperhitungkan daya beli masyarakat. Sinergi lintas sektor dan pelaku dari industri atau pengusaha pangan memerlukan koordinasi yang baik (Andri 2019). Salah satu komoditas yang dapat mendukung program diversifikasi pangan

yaitu pengembangan tanaman pangan fungsional kaya antioksidan.

Pengembangan tanaman pangan fungsional kaya antioksidan sangat sesuai untuk mendukung Kebijakan Strategis Pangan dan Gizi, karena adanya mutu nutrisi yang lebih baik pada pangan fungsional kaya antioksidan dibandingkan dengan non-fungsional. Percepatan program Kebijakan Strategis Pangan dan Gizi melalui diversifikasi pangan dapat diarahkan pada dua hal yang mendasar yaitu a). Diseminasi pangan fungsional kaya antioksidan dan b) Pemanfaatan lahan sub-optimal (potensial) atau lahan perkebunan di luar Jawa untuk pengembangan tanaman pangan fungsional kaya antioksidan.

### **6.1. Diseminasi Pangan Fungsional Kaya Antioksidan**

Diseminasi atau promosi manfaat pangan fungsional untuk kesehatan manusia sangat penting untuk dilakukan antara lain kepada anak-anak sekolah usia dini, karena mereka belum tergantung sepenuhnya kepada nasi dari beras dan produk olahan yang berbasis terigu. Dengan tujuan untuk meningkatkan gizi anak-anak usia dini, maka pengenalan produk olahan pangan fungsional yang kaya akan antioksidan perlu mendapat prioritas pengembangan. Pada daerah-daerah atau wilayah yang teridentifikasi defisiensi nutrisi tertentu, pengembangan pangan fungsional yang kaya akan antioksidan dapat mempercepat tercapainya program diversifikasi pangan. Kemasan produk olahan yang menarik dan higienis perlu mendapat perhatian guna mendukung pola hidup sehat dan kebanggaan terhadap bahan pangan lokal terutama ubi jalar dan aneka ubi potensial lainnya.

Promosi oleh Kementerian atau Lembaga terkait perlu lebih ditingkatkan melalui pengembangan outlet pangan lokal secara nasional, terstruktur, dan berkelanjutan melalui berbagai media elektronik, massa, penyuluhan, ruang publik (hotel, bandara,

stasiun kereta api, dan ruang publik lainnya). Semua Kementerian dan lembaga pemerintah dan swasta menyediakan pangan lokal menjadi *snack* (kudapan) utama dalam beragam kegiatan kenegaraan, keagamaan, upacara pernikahan, rapat-rapat, dan aktivitas lainnya. Hidangan pada rapat-rapat dan pertemuan baik pemerintah pusat maupun pemerintah daerah perlu lebih menggalakkan hidangan konsumsi yang terbuat dari bahan pangan lokal. Kementerian Perdagangan dan Kementerian Luar Negeri membangun pasar pangan lokal dan menjaga stabilitas harga pangan tersebut agar terjangkau oleh masyarakat umum (Hardono 2014). Slogan kurangi porsi makan nasi beras sebaiknya diberikan contohnya oleh para pejabat atau pimpinan daerah dengan cara langsung untuk tidak mengkonsumsi nasi baik secara pribadi apalagi bagi yang sudah berumur di atas 50 tahun lebih rawan terhadap penyakit diabetes (gula darah tinggi).

Diversifikasi pangan sangat tergantung dari ketersediaan dan diversifikasi produksi pangan, termasuk produk olahan pangan. Sebagai sumber karbohidrat dan protein, aneka produk olahan pangan fungsional kaya antioksidan khususnya yang berbasis ubi jalar dan jagung memiliki nutrisi yang lebih unggul dibandingkan pangan non-fungsional. Program ini perlu didukung dengan insentif harga jual biji atau umbi varietas unggul khusus fungsional tersebut yang lebih tinggi dibandingkan harga jual varietas unggul umumnya yang bukan pangan fungsional. Pengembangan teknologi pengolahan pangan, menyelaraskan kebijakan produksi dan industri pangan dengan kebijakan konsumsi pangan; promosi pangan lokal yang sehat, komprehensif, dan terus menerus; penciptaan pasar pangan lokal di tingkat nasional dan wilayah; serta diikuti penyediaan produk pangan lokal yang mampu bersaing dengan produk asing juga perlu mendapat perhatian kita bersama (Hardono 2014).

Produk pangan lokal yang mampu bersaing dengan produk asing antara lain ubi jalar dan jagung. Kebutuhan ubi jalar segar

sebagai bahan baku industri cukup besar sehingga ubi jalar layak dikembangkan bersekala ekonomi dengan manajemen yang lebih baik. Dengan demikian, komoditas ini juga layak masuk kelompok komoditas unggulan daerah, bahkan nasional. Dengan semakin majunya teknologi pengolahan dan pengemasan produk, maka keamanan pangan akan semakin lebih terjamin dan akan lebih menarik minat konsumen, sehingga dapat mendukung diversifikasi pangan berbasis pangan lokal khususnya tanaman pangan fungsional ubi jalar (ungu dan oranye) serta jagung (QPM, Provita, dan ungu). Dengan mengkonsumsi ubi jalar orange tidak hanya kebutuhan karbohidrat yang terpenuhi tetapi juga kebutuhan vitamin A juga tercukupi. Beragam pilihan varietas ubi jalar dengan berbagai keunggulan yang dimiliki diharapkan dapat meningkatkan minat petani untuk menanam didukung harga yang menguntungkan dengan peningkatan nilai tambah dan daya saingnya. Ubi jalar orange kaya betakaroten diharapkan dapat berperan dalam mengatasi permasalahan kekurangan gizi yang melanda di beberapa tempat di Indonesia.

Jagung varietas Provita A1 dan Provita A2 memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh varietas jagung lain, yaitu dalam hal vitamin A, di samping memiliki nutrisi utama protein, minyak, dan karbohidrat yang sama dengan varietas unggul lainnya. Jagung QPM Srikandi Kuning 1 dan Srikandi Putih 1, kaya nutrisi asam amino lisin dan triptofan. Kedua jenis jagung tersebut sangat baik dianjurkan sebagai bahan pangan di wilayah lahan kering yang masyarakatnya biasa mengkonsumsi jagung, seperti di sebagian wilayah timur Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, sebagian wilayah Jawa Timur, Sulawesi Selatan, dan wilayah lain. Mengingat masih banyaknya penduduk perdesaan yang mengalami defisiensi vitamin A, anjuran penanaman dan mengkonsumsi biji jagung Provita A1 dan Provita A2 diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut (Yasin *et al.* 2014; 2018).

Selain ubi jalar dan jagung, untuk sekala yang lebih kecil perlu diperhatikan yaitu beras merah dan beras hitam yang banyak diminati oleh masyarakat ekonomi menengah ke atas di perkotaan. Petani menyukai varietas yang mempunyai batang pendek-sedang, umur genjah, produksi tinggi, dan tahan hama penyakit utama, sedangkan konsumen menyukai mutu beras dengan tekstur nasi pulen. Varietas Inpari-24 Gabusan adalah varietas unggul padi rakitan Badan Litbang Pertanian. Varietas unggul ini sudah dikembangkan petani di Jawa dan luar Jawa, seperti Sumatera Selatan, Sumatera Utara, Aceh, Sulawesi Selatan, Bali, dan Lombok. Pengembangan varietas Inpari-24 Gabusan lebih menguntungkan karena memiliki produktivitas tinggi, umur genjah, mutu beras baik, tekstur nasi pulen, dan harga beras merah Inpari-24 Gabusan di tingkat petani produsen lebih tinggi dari beras putih, berkisar antara Rp11.000-13.000/kg (Abdullah, 2017). Beras fungsional bergizi tinggi perlu disertifikasi sebagai beras berlabel jaminan varietas dari varietas padi yang dihasilkan melalui pemuliaan tanaman guna meningkatkan nilai tambah ekonomi dan melindungi hak konsumen (Indrasari dan Kristamtini 2018).

## **6.2. Pemanfaatan Lahan Sub-optimal atau Perkebunan**

Pengembangan tanaman pangan fungsional kaya antioksidan dapat dilakukan pada lahan sub-optimal (potensial) atau lahan perkebunan terutama di luar Jawa dimana tanaman pangan fungsional berfungsi sebagai tanaman sela. Sebagai contoh yaitu pada tanaman perkebunan kelapa sawit yang mempunyai umur/masa produktif tertentu. Pada saat sudah mencapai umur tertentu, tanaman sawit harus diremajakan. Perkebunan biasanya melakukan peremajaan tanaman sawit secara bertahap. Oleh karena itu terdapat lahan yang masih terbuka terutama di antara tanaman-tanaman muda atau pada kawasan tanaman yang belum

menghasilkan (TBM). Sekitar 70% lahan di perkebunan kelapa sawit dapat dimanfaatkan untuk tanaman lain. Kawasan lahan sawit pada saat TBM sangat potensial untuk menyumbang perluasan areal tanam padi dan palawija (Balitbangtan 2019).

Total luas areal tanaman kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2018 adalah 14,32 juta ha yang terdiri dari 8,51 juta ha perkebunan besar dan 5,81 juta ha perkebunan rakyat. Total luas areal tahun 2018 ini meningkat 33% dibandingkan tahun 2014 yang luasnya 10,75 juta ha (BPS 2019). Lahan-lahan di area kelapa sawit umumnya merupakan lahan kering tadah hujan, sehingga teknologi budi daya yang sesuai untuk lahan kering yang ternaungi. Petani dapat menanam tanaman pangan fungsional kaya antioksidan antara lain ubi jalar, padi, jagung, dan kedelai sebagai tanaman sela pada tanaman kelapa sawit pada areal TBM. Contoh untuk tanaman kedelai, jarak tanam antar tanaman kelapa sawit adalah 9 m x 8 m, sehingga area yang ditanami tanaman sela kedelai pada lorong 9 m. Untuk TBM-1 (umur tanaman kelapa sawit 1,0-1,5 tahun) lahan yang ditanami kedelai dengan lebar lorong 7 m, sedangkan pada TBM2 (umur tanaman kelapa sawit 2,0 hingga 2,5 tahun) dengan lebar 4,5 hingga 5 m (Balitbangtan 2019).

Kami akhiri bab ini dengan mengajak para pembaca segenap warga Indonesia untuk turut mensukseskan program pemerintah tentang konsumsi aneka ragam pangan lokal seperti syair lagu "Diversifikasi Pangan" berikut ini. Videoclip lagu ini telah di unggah (*upload*) di YouTube tahun 2011 dan dapat diakses dengan cara mengetik "diversifikasi pangan made jana mejaya" atau di alamat <https://www.youtube.com/watch?v=hbnyD1DFKCC&t=16s>. Selamat menikmati dan semoga bermanfaat.



# DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, B. 2017. Peningkatan kadar antosianin beras merah dan beras hitam melalui biofortifikasi. *J. Litbang Pertanian* 36(2): 91-98.
- Abdullah N, Kamarudin WS, Ismail N and Maskat MY. 2017. Phenolic acids, flavonoids profiles and antioxidant activity of tempeh protein hydrolysate prepared from soybean tempeh. *Proceedings of the International Conference on Food Quality, Safety and Security, Vol. 1:38-49*
- Acquaah, G. 2007. *Principles of Plant Genetics and Breeding*. United Kingdom (GB): Blackwell.
- Achouri, A., Boye, J.I., Belanger, D. 2005. Soybean isoflavones: Efficacy of extraction conditions and effect of food type extractability. *Food Research International* 38:1199-1204.
- Agustina AW. 2017. Cookies Tepung Beras Hitam dan Kedelai Hitam sebagai Alternatif Makanan Selingan Indeks Glikemik Rendah. Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Alrasyid, H. 2007. Peranan isoflavon tempe kedelai, fokus pada obesitas dan komorbid. *Majalah Kedokteran Nusantara Universitas Sumatera Utara* 40 (3): 203-210.
- Andri KB. 2019. Menjaga Ketahanan Pangan dengan Diversifikasi Pangan Lokal. Biro Humas dan Informasi Publik, kementan.<https://www.republika.co.id/berita/kolom/wacana/19/05/09/pr8p3k453-menjaga-ketahanan-pangan-dengan-diversifikasi-pangan-lokal> (05-05-2020)

- Anggraini T, Dewi YK, dan Sayuti K. 2017. Karakteristik *sponge cake* berbahan dasar tepung beras merah, hitam dan putih dari beberapa daerah di Sumatera Barat. *Jurnal Litbang Industri* Vol. 7 No. 2: 123-136
- Anjani EP, RZ Oktarlina, C W Morfi. 2018. Zat Antosianin pada Ubi Jalar Ungu terhadap Diabetes Melitus. *Majority*, 7(2): 257-262.
- Azrai M, Mejaya MJ, Yasin HG. Pemuliaan Jagung Khusus. *Puslitbang Tanaman Pangan*; 2007. Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan. Hal. 97-109.
- Aqil M, Rapar C, Zubachtirodin. 2012. Deskripsi Varietas Unggul Tanaman Jagung. *Balitsereal, Maros*. 134 hlm.
- Arezoo HR, F Tahbaz, AH Nezhad, B Arjmandi, B Larijani and SM Kimiagar. 2005. Assessment of soy phytoestrogens' effects on bone turnover indicators in menopausal women with osteopenia in Iran: a before and after clinical trial. *Nutrition Journal* 30(4):1-5.
- Ariani M, Hermanto, Hardono G.S., Sugiarto, dan Wahyudi T.S. 2013. Kajian strategi pengembangan diversifikasi pangan lokal. Laporan kegiatan kajian isu-isu aktual kebijakan pembangunan pertanian 2013. Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Bogor
- Arsyad DM, M. M Adie, dan H. Kuswantoro. 2013 Perakitan Varietas Unggul Kedelai Spesifik Agroekologi Kedelai: Dalam Sumarno, Suyamto, Adi Widjono, Hermanto, Husni Kasim (eds.) *Teknik Produksi dan Pengembangan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian pp 205-228.
- Astuti M, Meliala A, Dalais FS, Wahlqvist. 2000. Tempe, a Nutritious and Healthy Food from Indonesia. *Asia Pacific J Clin Nutr* 9 (4): 322-325.
- Astuti S. 2008. Isoflavon kedelai dan potensinya sebagai penangkap radikal bebas. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 13(2): 126-136.

- Azis A, Izzati M , Haryanti S. 2015 Aktivitas Antioksidan Dan Nilai Gizi Dari Beberapa Jenis Beras Dan Millet Sebagai Bahan Pangan Fungsional. *Indonesia Jurnal Biologi*, 4(1): 45-61
- Azrai M, M J Mejaya, dan H Aswidinnoor. 2014. Daya Gabung Galur-galur Jagung Berkualitas Protein Tinggi. *Jurnal Litbang Pertanian*. 33(3): 137-147.
- [Balitbangtan] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2012. 50 Teknologi Inovatif Litbang Pasca Panen Pertanian. IAARD Press. Jakarta. 107 hlm.
- [Balitbangtan] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2013. Sistem Tanam Legowo.
- [Balitbangtan]. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2015. Panduan Teknis Budi daya Kedelai di Berbagai Agroekosistem.
- [Balitbangtan] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2018. 600 Teknologi Inovatif Pertanian. Mulyandari R S (editor). IAARD Press. Jakarta. 638 hlm.
- [Balitbangtan] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2019. Budena Kelapa Sawit. IAARD Press. Jakarta. 638 hlm.
- [Balitkabi] Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Aneka Kacang dan Umbi. Balitkabi. Malang. 218 hlm.
- [BB Padi]. Padi hitam Jeliteng kaya manfaat. <http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/info-berita/info-teknologi/padi-hitam-jeliteng-kaya-manfaat> (diakses tanggal 12-01-2020)
- [BB Pasca Panen]. Produk Hasil Inovasi Teknologi Pascapanen Pertanian.<http://pascapanen.litbang.pertanian.go.id/fix.html?type=product> (diakses 22-8-2019)
- Bloem M.W, S.D.Pee, L.T.Hop, N.C. Khan, A. Laillou, Minarto, R.M.Pfanner, D.Soekarjo, Soekirman, J.A.Solon, C.Theary,E.Wasantwisut. 2013. Key strategies to futhher

reduce stunting in Southeast Asia: Lessons from the ASEAN countries workshop. *Food and Nutrition Bulletin*: 34:2.

[BPS]. Badan Pusat Statistik 2019. *Statistik Indonesia 2018*. Jakarta. 738 hlm.

Bwibo, N.O., C.G. Neumann. 2003. Supplement: Animal source food to improve micronutrient nutrition in developing countries. *The American Society for Nutritional Science. J. Nutr.* 133-3936S-3940S.

Castaneda-Ovando, A., C.A. Galan-Vidal, L. Pacheco, J.A. Rodriguez, and M.E. Paez-hernandez. 2010. Characterization of main anthocyanins extracted from pericarp blue corn by MALDI-ToF MS. *Food Analytical Methods* 3:12-16.

Chaiyasut C, N Pengkumsr, S Sirilun, S Peerajan, S Khongtan and BS Sivamaruthi. 2015. Assessment of changes in the content of anthocyanins, phenolic acids, and antioxidant property of *Saccharomyces cerevisiae* mediated fermented black rice bran. *AMB Expr* 7:114

Cui, L., Gao, R.S. Dong, J. Zhang, P. Liu, H. Zhang, J. Meng, and D. Shi. 2012. Effects of ear shading on the anthocyanin contents and quality of kernels in various genotypes of maize. *Australian Journal of Crop Science* 6: 704-710.

Dajanta, K., Janpum, P. and Leksing, W. 2013. Antioxidant capacities, total phenolics and flavonoids in black and yellow soybeans fermented by *Bacillus subtilis*: A comparative study of Thai fermented soybeans (thua nao). *International Food Research Journal* 20(6): 3125-3132.

Damanhuri. 2005. Pewarisan antosianin dan tanggap klon tanaman ubi jalar terhadap lingkungan tumbuh. Disertasi. Fakultas Pasca Sarjana, Universitas Brawijaya. Malang.

Dwiatmini K dan Afza H. 2018. Karakterisasi Kadar Antosianin Varietas Lokal Padi Warna Sebagai SDG Pangan Fungsional (Anthocyanin Content Characterization on Pigmented Local

Rice as Genetic Resources of Functional Food. *Bul. Plasma Nutfah* 24(2):125–134.

Fitranti, Diassafons DY dan Marthandaru. 2016. Pengaruh susu kedelai dan jahe terhadap kadar kolesterol total pada wanita hiperkolesterolemia. *Jurnal Gizi Indonesia* Vol. 4, No. 2, Juni: 89-95.

Fitriesa S, Sari M, Suhartanto MR. 2017. Pengaruh Pemupukan N, P, dan K pada Dua Varietas Benih Kedelai (*Glycine Max* (L) Merr.) terhadap Kandungan Antosianin dan Hubungannya dengan Vigor Benih. *Bul. Agrohorti* 5 (1) : 117 – 125.

Ginting, E. dan Antarlina, S.S. 2002. Pengaruh varietas dan cara pengolahan terhadap mutu susu kedelai. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 21 (2): 48-57.

Ginting, E and Arcot, J. 2004. High-performance liquid chromatographic determination of naturally occurring folates during tempe preparation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:7752-7758.

Ginting, E. dan Adie, M.M. 2007. Sifat fisik dan kimia lima galur kedelai hitam serta kualitas kecap yang dihasilkan. hlm. 495-510. *Dalam* Harnowo D *et l.*, (eds). Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.

Ginting, E. dan Widowati, S. 2008. Kualitas kedelai dalam negeri sebagai bahan baku industri pangan. Makalah disampaikan pada kegiatan ‘Siaran Pers Kedelai’ pada tanggal 17 Februari 2008 di Badan Litbang Pertanian Jakarta. 16 hlm.

Ginting, E., S.S. Antarlina, I. Sudaryono, A. Winarto, dan Sugiono. 2008b. Resep produk olahan umbi-umbian dan kacang-kacangan. Balitkabi. Malang. 52 hlm.

Ginting, E., Antarlina, S.S. dan Widowati, S. 2009. Varietas kedelai unggul untuk bahan baku industri pangan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 28(3):79-87.

- Ginting, E. dan Yulifianti, R. 2010. Rendemen dan tingkat kesukaan tempe dan tahu dari beberapa varietas unggul kedelai. Makalah disampaikan pada Sarasehan Petani, Pedagang dan Industri Olahan Kedelai dalam kegiatan Pekan Kedelai Nasional di Balitkabi Malang tanggal 28-30 Juni 2010. 10 hlm.
- Ginting, E. 2011. Retensi antosianin pada beberapa produk olahan ubi jalar. hlm. 560-569. *Dalam* Widjono A *et al.*, (eds). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2009 tanggal 21 Desember 2009 di Malang. Puslitbang Tanaman Pangan Bogor.
- Ginting, E., J.S. Utomo, R. Yulifianti, dan M. Jusuf. 2011. Potensi ubi jalar ungu sebagai pangan fungsional. *Iptek Tanaman Pangan* 6(1) :116-138.
- Ginting TY, S Oemry , MI Pinem. 2014. Uji efektivitas nuclear polyhedrosis virus (NPV) terhadap pengendalian hama penggerek batang jagung (*Ostrinia furnacalis Guenee*) Lepidoptera pyralidae pada berbagai instar di laboratorium. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2(2): 726- 734.
- Ginting E, Rahmi Yulifianti, dan M. Jusuf. 2014. Ubi jalar Sebagai Bahan Diversifikasi Pangan Lokal. *PANGAN*, Vol. 23 No. 2 Juni 2014 : 194-207.
- Ginting E, Yulifianti R, Yusuf M, Mejaya MJ. 2015. Identifikasi sifat fisik, kimia, dan sensoris klon-klon harapan ubi jalar kaya antosianin. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.*; 34(1):69-78.
- Ginting, E., Yulifianti, R., Mulyana, H. I. dan Tarmizi. 2015b. Varietas unggul kedelai hitam sebagai bahan baku kecap. hlm A86-92. *Dalam* Ulya M *et al.*, (eds). Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPTTPI 2015 tanggal 2-3 Oktober 2015 di Surabaya. Universitas Trunojoyo, Bangkalan.

- Ginting, E. dan Yulifianti, R. 2015c. Kualitas dan preferensi industri terhadap kecap dari varietas unggul kedelai hitam. hlm. 452-465. Dalam Kasno A et al., (eds). Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2014 tanggal 5 Juni 2014 di Malang. Puslitbang Tanaman Pangan Bogor.
- Ginting, E., JS Utomo, dan R Yulifianti. 2015d. Produk Olahan Aneka Umbi. Balitkabi. Malang. 44 hlm.
- Ginting, E., Yulifianti, R. and Sundari. T. 2015e. Quality of tempe derived from improved soybean cultivars. p. 299-315. *In* Wulandari N *et al.*, (eds). Proceedings of the International Conference on Food for a Quality of Life, held in Jakarta on 15-16<sup>th</sup> October 2014. SEAFast Centre - Bogor Agricultural University. Bogor.
- Ginting E, Yulifianti R, Utomo JS. 2019. Nilai gizi produk olahan varietas unggul kedelai. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang
- Gurmu, F., S. Hussein and M. Laing. 2013. Self and cross-incompatibilities in sweetpotato and their implications on breeding. *AJCS*. 7 (13): 2074 – 2078.
- Hapsari RT, Mejaya MJ. 2016. Pengaruh frekuensi pemberian air terhadap pertumbuhan dan hasil ubi jalar. Prosiding Seminar Nasional II Tahun 2016, Kerjasama Prodi Pendidikan Biologi FKIP dengan Pusat Studi Lingkungan dan Kependudukan (PSLK) Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Hardono G.S. 2014. Strategi pengembangan diversifikasi pangan lokal. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 12(1): 1-17.
- Harnowo D, Utomo JK. 2017. Sejarah, Tugas Pokok, dan Kinerja UPBS Agro Inovasi Akabi. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang. 130 hlm.
- Hermayudha EP, Izzati M, Saptiningsih E. 2013. Uji total glukosa dan aktivitas antioksidan beberapa produk pangan fungsional

- berbahan dasar ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) var Ayamurasaki. *Jurnal Biologi*, 2(2): 37-44.
- Hernawan E dan Meylani V. 2016. Analisis karakteristik fisikokimia beras putih, beras merah, dan beras hitam (*Oryza sativa* L., *Oryza nivara* dan *Oryza sativa* L. indica). *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada* Volume 15 Nomor 1: 79-91.
- Husna NE, M Novita, S Rohaya. 2013. Kandungan antosianin dan aktivitas antioksidan ubi jalar ungu segar dan produk olahannya. *Agritech*, 33( 3):296-302.
- Ibrahim, K.E. and J.A. Juvik. 2009. Feasibility for improving phytonutrient content in vegetable crops using conventional breeding strategies: case study with carotenoids and tocopherols in sweet corn and broccoli. *Agricultural and Food Chemistry*, 57: 4636-4644.
- Indiati SW dan N Saleh. 2010. Hama boleng pada tanaman ubi jalar dan pengendaliannya. *Buletin Palawija*. 19: 27-37
- Indriani, F.C., S. Ashari., N.Basuki and M.Jusuf. 2017. Normal seedlings as A New Parameter for Predicting Cross-Incompatibility Level on Sweetpotato. *Agrivita Journal of Agricultural Science*, 39(10): 56 – 65.
- Indrasari SD, P Wibowo, dan E.Y. Purwani. 2010. Evaluasi Mutu Fisik, Mutu Giling, dan Kandungan Antosianin Kultivar Beras Merah. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 29(1): 56-62.
- Indrasari, SD dan Kristamtini. 2018. Biofortifikasi mineral fe dan zn pada beras: perbaikan mutu gizi bahan pangan melalui pemuliaan tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian* 37(1): 9-16.
- Jamil A, Mejaya MJ, Praptana HR, Subekti NA, Aqil M, Musadad A. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Tanaman Pangan 2010-2016. *Puslitbang Tanaman Pangan*.

- Jamil A, Abdulrachman S, Sasmita P, Zaini Z, Wiratno, Rachmat R, Saraswati R, Widowati Lr, Pratiwi E, Satoto, Rahmini, Handoko Dd, Zarwazi Lm, Samaullah My, Yusup Am, Subagio Ad. 2016. Petunjuk Teknis Budi daya Padi Jajar Legowo Super. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Jing, P. and M.M. Giusti. 2007. Effects of extraction conditions on improving the yield and quality of an anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays L.*) color extract. *Food Science* 72: 363-368.
- Kaemba A., E Suryanto, dan CF. Mamuaja. 2017. Aktivitas Antioksidan Beras Analog Dari Sagu Baruk (*Arenga microcarpha*) Dan Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas L. Poiret*). *Chem. Prog.* 10( 2) 74-81.
- Kapil U,H.P.S. Sachdev.2013. Massive dose vitamin A programme in India-Need for a targeted approach: *Indian Journal Medical Research.* 138 : 411-417.
- Kementerian Pertanian. 2017. Statistik Pertanian. Jakarta. 362 hlm.
- Kementerian Pertanian (2020). Data Lima Tahun Terakhir Sub-sektor Tanaman Pangan. <https://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61>(diakses tanggal 30-01-2020).
- Khampas, S., K. Lertrat, K. Lomthaisong, and B. Suriharn. 2013. Variability in phytochemicals and antioxidant activity in corn at immaturity and physiological maturity stages. *International Food Research Journal* 20(6): 3149-3157.
- Kowyama, Y., T. Tsuchiya, and K. Kakeda. 2000. Sporophytic self-incompatibility in *Ipomoea trifida*, a close relative of sweetpotato. *Ann Bot-London.* 85: 191 – 196.
- Krisdiana, R. 2005. Preferensi industri tahu dan tempe dalam menggunakan bahan baku kedelai di Jawa Timur. hlm. 540-548. *Dalam* A.K. Makarim, Marwoto, M.M. Adie, A.A. Rahmianna, Heriyanto dan I.K. Tastra (ed). *Kinerja Penelitian*

Mendukung Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian.  
Puslitbangtan Bogor.

- Krisnawati, A. 2017. Kedelai sebagai Pangan Fungsional. *Iptek Tanaman Pangan*, 12(1):57-65)
- Kusumayanti, H., RT Mahendrajaya, dan SB Hanindito. 2016. Pangan Fungsional Dari Tanaman Lokal Indonesia. *Metana*. 12(1): 26-30.
- Lestari, S.U. 2010. Pengaruh Inkompatibilitas dan Sterilitas terhadap Pembentukan Kapsul dan Biji Ubi jalar. *Agrivita* 32(1): 19 – 28.
- Lim, J.Y. and W.I. Rosli. 2013. The ability of Zea mays ears (young corn) powder in enhancing nutritional composition and changing textural properties and sensory acceptability of yeast bread. *International Food Research Journal* 20(2): 799-804.
- Liu Y, Li D, Zhang Y, Sun R, Xia M. 2014. Anthocyanin increases adiponectin secretion and protects against diabetes-related endothelial dysfunction. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 306: E975–E988.
- Lopez-Martinez, L.X., R.M. Oliart-Ros, G. Valerio-Alfaro, C. Lee, K.L.Parkin. and H.S. Garcia. 2009. Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *Food Science and Technology* 42: 1187-1192.
- Martin, F.W. 1982. Analysis of the Incompatibility and Sterility of Sweet Potato. *In* R.L. Villareal and T.D. Griggs (Eds), Sweetpotato (AVRDC). Proceedings of the First International Symposium. p. 275 – 311.
- Marwoto, S Hardaningsih, A Taufiq. 2017. Hama dan Penyakit Tanaman Kedelai Identifikasi dan Pengendaliannya. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 68 hlmn.
- Mbuya K, KK Nkongolo, AK Mbuyi. 2011. Nutritional analysis of QPM varieties selected for agronomic characteristic in a

- breeding program. *International Journal of Plant Breeding*. 5:317-327.
- Mejaya, M.J., Moedjiono, T. Wijono. 1995. Pengaruh kepadatan tanaman terhadap hasil dan intensitas serangan penyakit busuk pelepah pada seleksi berulang jagung umur genjah. *Majalah Ilmiah UPN Veteran* 5(6): 152-158.
- Mejaya MJ, M. Yasin HG, E Ishartati. 2017. *Perakitan dan Teknologi Produksi Benih Varietas Unggul Jagung Hibrida*. Jakarta: IAARD Press, 94 hlm.
- Messina, MJ. 1999. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *American Journal for Clinical Nutrition*: 70(1):439–450.
- Millera, D.D. and R.M. Welcha. 2013. Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition. *ESA Working Paper No. 13-06 August 2013, Agricultural Development Economics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Montilla, E.C., S. Hillebrand, A. Antezana. and P. Winterhalter. 2011. Soluble and bound phenolic compounds in different bolivian purple corn (*Zea mays* L.) cultivars. *Agriculture Food Chemistry* 59: 7068-7074.
- Moro, G. L., Lopes, M. A., Habben, J. E., Hamaker, B. R. and Larkins, B. A. 1995). Phenotypic effects of opaque-2 modifier genes in normal maize endosperm. *Cereal Chemistry*, 72(1): 94-99.
- Mulyawanti I, S Budijanto and S Yasni. 2018. Stabilitas Antosianin Selama Proses, Penyimpanan, dan Simulasi Pencernaan Pasta Ubi Jalar Ungu. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 19 (1): 1–8.
- Musadad A. 2016. *Teknologi Produksi Kedelai, Kacang Tanah, Kacang Hijau, Ubi kayu, dan Ubi jalar*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang. 28 hlm.

- Nishiyama I, 1971. Evolution and domestication of the sweet potato. *Botanical Magazine*. 84: 377 – 387.
- Nishiyama I., T. Miyazaki., S. Sakamoto. 1975. Evolutionary autopoloidy in the sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] and its progenitors. *Euphytica* 24: 197 – 208.
- Nonci, N., Sriwidodo, dan A. Muis. 1994. Pengendalian hama penggerek ubi *Cylas formicarius* dengan insektisida pada beberapa varietas ubi jalar. *Agrikam, Penelitian Pertanian Maros* (no. 3): 139-146.
- Nout M.J.R. and J.L. Kiers. 2005. Tempe fermentation, innovation and functionality: update into the third millenium. *Journal of Applied Microbiology*, 98: 789-805
- Nurrahman. 2015. Evaluasi Komposisi Zat Gizi dan Senyawa Antioksidan Kedelai Hitam dan Kedelai Kuning. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 4 (3):89-93.
- Pabendon MB, Azrai M, Mejaya MJ, Sutrisno. 2008. Keragaman Genetik Inbrida Jagung QPM dan Normal Berbasis Marka Mikrosatelit dan Hubungannya dengan Penampilan. *Jurnal AgroBiogen* 4(2):77-82.
- Pabendon, M. B., M. Azrai, M.J. Mejaya, dan Sutrisno. 2010. Genetic diversity of quality protein maize and normal maize inbred as revealed by SSR markers and its relationship with the hybrid performance. *Indonesian Journal of agriculture*. 3(2).
- Pakki, S dan Muis A. 2007. Patogen utama pada tanaman jagung setelah padi rendengan di lahan sawah tadah hujan. *Jurnal Penelitian Pertanian Puslitbangtan*. 26 (1):55-61
- Pakki, S. 2014. Epidemiologi dan strategi pengendalian penyakit bulai (*Perenosclerospora sp.*) pada tanaman jagung. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 33(2): 47-52.

- Pakpahan A. dan Suhartini S.H. 1989. Permintaan Rumah Tangga Kota di Indonesia Terhadap Keanekaragaman. *Jurnal Agro Ekonomi*. 8(2):64-77.
- [PP RI 17/2015]. 2015. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 17 tahun 2015 Tentang Ketahanan Pangan dan Gizi. Jakarta.
- [PP RI 83/2017]. 2017. Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 83 tahun 2017 Tentang Kebijakan Strategis Pangan dan Gizi. Jakarta
- Palupi ES, Sarto M, Pratiwi R. 2012. Aktivitas Antioksidan Jus Ubi Jalar Kultivar Lokal sebagai Penangkal Radikal Bebas *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl* (DPPH). *Sains & Mat*, 1(1): 13–16
- Parwata, IMOA. 2016. Bahan Ajar Antioksidan. Kimia Terapan Program Pascasarjana Universitas Udayana. Jimbaran. 54 halaman.
- Pengkumsri N, chaiyavat chaiyasut , bhagavathi sundaram sivamaruthi , chalempong saenjum , sasithorn sirilun , sartjin peerajan , prasit suwannalert , sophon sirisattha , khontaros chaiyasut , periyannaina kesika. 2015. The influence of extraction methods on composition and antioxidant properties of rice bran oil *Food Sci. Technol, Campinas*, 35(3): 493-501,
- Pixley, K., N. Palacios, T.R. Rocheford, Bahu. and J. Yan. 2010. Agriculture for nutrition: maize biofortification strategies and progress. *Proceedings of the Tenth Asian Regional Maize Workshop*. October 20-23, 2008. Makassar IndonesiaRetnati MAM, Andriani, G Fauza. 2009. Pengaruh penambahan ekstrak berbagai jenis ubi jalar (*Ipomea batatas*) terhadap jumlah sel dan aktivitas antioksidan yogurt. *Biofarmasi*. 7( 2): 68-76.
- Rahajeng W, Rahayuningsih SA, Jusuf M, Santoso G. 2014. Perakitan Varietas Unggul Ubi jalar. Dalam: Nugrahaeni et al. (eds.)

Perakitan Varietas Unggul Aneka Kacang dan Umbi. Balitkabi. Malang. 48 hlm.

Rahajeng, W. 2015. Pendugaan keragaman karakter morfologi 50 aksesori plasma nutfah ubi jalar. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia 1906 (4): 904-909.

Rahajeng W dan SA Rahayuningsih. 2016. Studi Pewarisan Antosianin Ubi Jalar pada Populasi F1 dari Tiga Kombinasi Persilangan Ayamurasaki. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Balitkabi, Malang, pp 559-566.

Rahajeng W and Rahayuningsih SA. 2017. Agronomic performance, variance component, and diversity of sixtytwo sweetpotato accessions. Biodiversitas 18 (1): 95–100.

Rahayu P., S Fathonah, M Fajri. 2012. Daya terima dan kandungan gizi makanan tambahan berbahan dasar ubi jalar ungu. Food Science and Culinary Education Journal 1 (1): 31-37.

Rahayu WM dan Erna Astuti. 2017 .Pengaruh Proses Pengolahan dan Penyangraian Biji Terhadap Aktivitas dan Kandungan Senyawa Antioksidan Sari Kedelai Hitam Mallika (*Glycine max*). *Chemica* Volume 4, Nomor 2: 59-6.

Rahmadi, A dan M. Rohmah. 2018. Radikal Bebas: Mengapa Perlu Pangan Fungsional Berkhasiat Antioksidan?. Dalam Rahmadi, A. dan Bohari. (eds). 2018. Pangan Fungsional Berkhasiat Antioksidan. Mulawarman University Press. Samarinda. 216 halaman.

Richana N, Suarni. 2007. Teknologi Pengolahan Jagung. Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan. Hal. 386-409. *Dalam* Sumarno *et al.* (penyunting). Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan. Puslitbang Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

Said, MY, Soenartiningih, A. Tenrirawe, W. Wakman, AH. Talanca, Syafruddin. 2017. Petunjuk Lapang Hama, Penyakit, Hara

- pada Jagung. Puslitbang Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian. 74 hal.
- Saleh N, Y Widodo, S.A. Rahayuningsih, S. W. Indiati, Sumartini, Marwoto, dan Subandi. 2012. Pedoman Umum PTT Ubi Jalar. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 20 hlm.
- Salim M, Dharma A, Mardiah E, Oktoriza G. 2017. Pengaruh kandungan antosianin dan antioksidan pada proses pengolahan ubi jalar ungu. *Jurnal Zarah*, 5(2): 7-12
- Sarika K, Hossain F, Muthusamy V, Zunjare RU, Baveja A, Goswami R, et al. (2018) Opaque16, a high lysine and tryptophan mutant, does not influence the key physico-biochemical characteristics in maize kernel. *PLoS ONE* 13(1): e0190945. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190945> (diakses 13-09-2019)
- Satriani, A.C., B Trisna, AN Syarif, RH Martha, L Khatulistiwa, L Musthafa, S R Putri, A N Insani, H Setiawan, AW Sari. 2013. Review jurnal vitamin. Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suter, I.K. 2013 Pangan fungsional dan prospek pengembangannya. Seminar "Pentingnya Makanan Alamiah (*Natural Food*) Untuk Kesehatan Jangka Panjang". Ikatan Keluarga Mahasiswa (IKM) Jurusan Gizi Politeknik Kesehatan Denpasar, tgl. 18 Agustus 2013 di Denpasar.
- Sholihah, M.A., W Rosli, W.I., dan A. R. Nurhanan. 2012. Phytochemicals screening and total phenolic content of Malaysian *Zea mays*. Hair Extract. *International Food Research Journal*.
- Sivamaruthi B.S., Kesika, P. and Chaiyasut, C. 2018 Anthocyanins in Thai rice varieties: distribution and pharmacological significance. *International Food Research Journal* 25(5): 2024-2032.

- Soedarjo M. 2019. In Vitro Investigation on Phenolic Compound and Antioxidant Activities from Methanolic Extracts of Black Soybean Seeds. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)* 5(11) 1-7
- Suarni dan S. Widowati. 2007. Sturuktur komposisi dan nutrisi jagung. *Jagung. Teknik produksi dan pengembangan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 410 hlm.
- Suarni, M. Aqil and I.U. Firmansyah. 2008. Effect of drying temperature on nutritional quality of protein maize. *Proceeding of The10th Asian Regional Maize Workshop (ARMW)*. p. 79-81.
- Suarni. 2009. Komposisi nutrisi jagung menuju hidup sehat. *Prosiding Seminar Nasional Serealia 2009*. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Suarni 2009. Prospek pemanfaatan tepung jagung untuk kue kering (cookies). *Jurnal Litbang Pertanian*, 28(2): 63-71.
- Suarni, I.U. Firmansyah, dan M. Zakir. 2010. Pengaruh umur panen terhadap komposisi nutrisi jagung QPM Srikandi putih dan Srikandi kuning. *Jurnal Pen. Pert. Tanaman Pangan*. 29(2):116-122.
- Suarni dan M. Yasin. 2011. Jagung sebagai Sumber Pangan Fungsional. *Iptek Tanaman Pangan*, 6(1): 41 – 56.
- Suarni. 2013. Pengembangan Pangan Tradisional Berbasis Jagung Mendukung Diversifikasi Pangan. *Iptek Tanaman Pangan* 8 (1): 39-47.
- Suarsana IN, S Widyastuti, B P Priosoeryanto. 2012. Ketersediaan Hayati Isoflavon dalam Plasma dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Biokimia Darah pada Tikus Hiperglikemia. *Jurnal Veteriner* 13(1): 86-91.

- Subiadi dan S Sipi. 2018. Tingkat Serangan Hama Penggerek Batang Jagung *Ostrinia furnacalis* Guenee (Lepidoptera: Crambidae) pada Beberapa Varietas Jagung Komposit. *PANGAN*, 27(3): 179 – 186.
- Sudaryono, A Wijanarko, M Alwi, A Kasno, B Kartiwa, dan Y Sulaeman. 2016. Agroekosistem dan pengelolaan lahan komoditas kedelai di Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sulaiman AA, Simatupang P, Kariyasa IK, Subagyo K, Las I, Jamal E, Hermanto, Syahyuti, Sumaryanto, Suwandi. 2018. Sukses Swasembada Indonesia Menjadi Lumbung Pangan Dunia 2045. IAARD Press, Jakarta. 304 hlm.
- Sulistiani HR, Handayani S, Pangastuti A. 2012. Karakterisasi senyawa bioaktif isoflavon dan uji aktivitas antioksidan dari ekstrak etanol tempe berbahan baku kedelai hitam (*Glycine soja*), koro hitam (*Lablab purpureus*), dan koro kratok (*Phaseolus lunatus*). *Biofarmasi*, 12(2): 62-72.
- Sumbo AH and IA Victor. 2014. Comparison of chemical composition, functional properties and amino acids composition of quality protein maize and common maize (*Zea mays* L). *African Journal of Food Science and Technology*, 5(3): 81-89.
- Supriyatin. 2001. Hama boleng pada ubi jalar dan cara pengendaliannya. *Palawija* (no. 2):22-29.
- Suter, I.K. 2013. Pangan fungsional dan prospek pengembangannya. Seminar "Pentingnya Makanan Alamiah (*Natural Food*) Untuk Kesehatan Jangka Panjang" . Ikatan Keluarga Mahasiswa (IKM) Jurusan Gizi Politeknik Kesehatan Denpasar, tgl. 18 Agustus 2013 di Denpasar.
- Tamvar M.R., S.R. Patel, R.K. Patel, H.N. Patel\*, A. Dinisha and S.S. Patil. 2019. A Review on Breeding for Quality Protein Maize. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 8(1): 1413-1422.

- Ticoalu GD, Yunianta, Maligan JM. 2016. Pemanfaatan ubi ungu (*ipomoea batatas*) sebagai minuman berantosianin dengan proses hidrolisis enzimatis. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 4(1): 46-55.
- Tripathy SK, Ithape DM, Maharana M & Prusty AM (2017) Quality protein maize (QPM): Genetic basis and breeding perspective. *Tropical Plant Research* 4(1): 145–152.
- Tuhumury, HCD. 2015. Effect of soy isoflavones on the serum lipid profile and vascular function agritekno, *Jurnal Teknologi Pertanian* Volume 4, No. 1:1-7.
- Tumwegamire, S., P.R. Rubaihayo, D.R. LaBonte, F.Diaz, R. Kapinga, R.O.M. Mwangi, and W.J.Gruneberg. 2011. Genetic diversity in white and orange-fleshed sweetpotato farmer varieties from east Africa evaluated by simple sequence repeat markers. *Cropscience*. 51: 1132 – 1142.
- Utomo JS dan R Yulifianti. 2011. Karakteristik mie berbahan baku terigu lokal dan ubi jalar ungu. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. Balitkabi, Malang, pp 769-775.
- Utomo, J.S. dan Yulifianti, R. 2018. Sifat fisik dan kimia varietas kedelai toleran naungan Dena 2 dan kualitas susu yang dihasilkan. hlm. 275-283. *Dalam* T. Sundari, Sholihin, R. Iswanto, F. Rozi, A. Wijanarko, R.D. Purwaningrum, Suryantini, E. Ginting, E. Yusnawan, S.W. Indiati (ed). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi tanggal 26 Juli 2017*. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Vasal SK. 2000. The quality protein maize story. *Food and Nutrition Bulletin*, 21(4):445-450.
- Wahdaningsih, S., E.P. Setyowati, S. Wahyuono. 2011. Aktivitas penangkap radikal bebas dari batang pakis (*Alsophila glauca* J. Sm). *Majalah Obat Tradisional*, 16(3), 156 – 160).

- Wakman, W. dan Burhanuddin. 2007. Pengelolaan Penyakit Prapanen Jagung. Dalam Sumarno *et al*, (penyunting). Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan. Puslitbang Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian
- Waluyo. 1992. Perbanyak hama lanas *Cylas formicarius* F. di gudang. Dalam S. Hardjosumadi, M. Machmud, S. Tjokrowinoto, S. Pasaribu, Sutrisno, A. Kurnia, dan N. Mulyono (Ed.). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor.hlm. 33–35.
- Wang, H. 1982. The breeding of sweetpotatoes for human consumption. p. 82 – 172. *In*. Ruber L.V, and I.D. Briggs (Ed). Sweetpotato. Proceeding of the First International Symposium. AVDRC Publication.
- Wardani, A K dan I R Wardani. 2014. Eksplorasi potensi kedelai hitam untuk produksi minuman fungsional sebagai upaya meningkatkan kesehatan masyarakat .Jurnal Pangan dan Agroindustri 2(4): 58-67.
- Werddhasari, A. 2014. Peran Antioksidan Bagi Kesehatan. Jurnal Biotek Medisiana Indonesia, 3(2): 59-68.
- Widiyah. 2017. Diversifikasi keripik ubi jalar ungu dan substitusi ubi jalar ungu pada produk snack bars visto dan soerabi visto. Program studi teknik boga fakultas teknik universitas negeri Yogyakarta.
- Widowati,S. 2010. Diversifikasi konsumsi pangan berbasis ubi jalar. Pangan 20(1):49 – 61.
- Widowati S. 2012. Keunggulan Jagung QPM (*Quality Protein Maize*) dan Potensi Pemanfaatannya dalam Meningkatkan Status Gizi. Jurnal Pangan 21 (2): 171-184.
- Widoyo S, S Handajani, Nandariyah. 2015. Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar serat kasar dan aktivitas antioksidan tempe beberapa varietas kedelai. Biofarmasi Vol. 13, No. 2, pp. 59-65

- Winarsi H. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal: Potensi dan Aplikasinya dalam Kesehatan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.)
- Xu, J.G., Q.P. Hu, X.D. Wang, J.Y. Luo, Y. Liu. and C.R. Tian. 2010. Changes in the main nutrients, phytochemicals, and antioxidant activity in yellow corn grain during maturation. *Agricultural and Food Chemistry* 58: 5751-5756.
- Xu B.J., Yuan, S.H., dan Chang, S.K.C., 2008. Comparative Studies on the Antioxidant Activities of Nine Common Food Legumes Against Copper Induced Human Low-Density Lipoprotein Oxidation in vitro. *Journal of Food Science* 72(7): 211-218.
- Yang, Z. and W. Zhai. 2010. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: 169-176.
- Yasin, H.G.M., M.J. Mejaya, F. Kasim and Subandi. 2007. Development of quality protein maize (QPM) in Indonesia. Proceedings of the ninth Asian Regional Maize Workshop. Beijing, China. P. 282.
- Yasin, H.G.M., Syuryawati, dan F. Kasim. 2010. Varietas unggul jagung bermutu protein tinggi. *Iptek Tanaman Pangan*. 5(2):146-158.
- Yasin, H.G.M., S. Masud, dan Faesal. 2012. Pembentukan varietas jagung komposit kaya vitamin Provit A1 dan Provit A2. *Iptek Tanaman Pangan*. 7(1):32-37.
- Yasin MHG, Sumarno, dan A Nur. 2014. Perakitan Varietas Unggul Jagung Fungsional. *Dalam Subekti, NA dan M. Aqil (eds.)*. IAARD Press, Jakarta. 132 hlm.
- Yasin, H.G.M., W. Langgo, dan Faesal. 2014b. Jagung berbiji putih sebagai bahan pangan pokok alternative. *Iptek Tanaman Pangan*. 9(2):108-117.

- Yasin MHG, Santoso SB, Isnaeni M, Jamaluddin, Andayani NN, dan Mejaya MJ. 2017. Usulan pelepasan varietas unggul jagung komposit biji ungu (anthocyanin). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Yasin MHG, A H Talanca, Faesal, M.J. Mejaya. 2018. Perkembangan perakitan varietas dan teknik budi daya jagung antioksidan sebagai pangan fungsional. *J. Litbang Pertanian*. 37(1): 33-39.
- Yulifianti, R. dan Ginting, E. 2011. Sifat fisik dan kimia beberapa varietas unggul kedelai dan kualitas susu yang dihasilkan. hlm 295-307. *Dalam* Adie MM *et al.*, (eds.) Inovasi Teknologi untuk Pengembangan kedelai Menuju Swasembada. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2010 tanggal 29 Juni 2010 di Malang. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Yulifianti R dan Erliana Ginting. 2012. Karakteristik tahu dari bahan baku beberapa varietas unggul kedelai. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. 331-338.
- Yulifianti R. dan Ginting E. 2013. Karakterisasi Fisik dan Kimia Genotipe Kedelai Hitam dan Kaya Isoflavon untuk Bahan Pangan. hlm 331-339. *Dalam* A.A. Rahminanna, Sholihin, N. Nugrahaeni, A. Taufiq, Suharsono, N. Saleh, E. Ginting, F. Rozi, I.K. Tastra, dan Hermanto (ed). Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Aneka Kacang dan Umbi tahun 2015 tanggal 19 Mei 2015 di Malang. Puslitbang Tanaman Pangan Bogor.
- Yulifianti, R., Ginting, E. dan Sundari, T. 2016. Karakteristik tahu dari kedelai varietas toleran naungan Dena 2. hlm 331-339. *Dalam* A.A. Rahminanna, Sholihin, N. Nugrahaeni, A. Taufiq, Suharsono, N. Saleh, E. Ginting, F. Rozi, I.K. Tastra, dan Hermanto (ed). Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Aneka Kacang dan Umbi tahun 2015 tanggal 19 Mei 2015 di Malang. Puslitbang Tanaman Pangan Bogor.

- Yulifianti, R., S Muzaiyanah, dan J S Utomo. 2018. Kedelai sebagai Bahan Pangan Kaya Isoflavon. *Buletin Palawija*, 16(2): 84-93.
- Zhao, X., M. Corrales, C. Zhang, X. Hu, Y. Ma and B. Tauscher. 2008. Composition and thermal stability of anthocyanins from Chinese purple corn (*Zea mays* L.). *Agricultural and Food Chemistry* 56: 10761-10766.
- Zilic, S., A. Serpen, G. Akilloğlu, V. Gökmen and J. Vanetovic. 2012. Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) kernels. *Agricultural and Food Chemistry* 60: 1224-1231.
- Zuhriani, F. 2015. Kualitas organoleptik brownies kukus dari tepung beras hitam. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

# INDEKS

## A

antiatherogenik, 18  
antikarsinogenik, 12  
antimutagenik, 12  
antioksidan, v, vi, x, xi, xiii, 7, 8,  
9, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 22,  
23, 25, 29, 32, 36, 37, 38, 39, 45,  
46, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 53, 54,  
56, 57, 58, 59, 60, 61, 64, 69, 71,  
72, 74, 77, 79, 80, 90, 96, 97,  
100, 103, 104  
antosianin, x, xiii, 12, 13, 14, 18,  
19, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 38,  
39, 40, 41, 42, 46, 60, 61, 62, 63,  
64, 65, 71, 74, 83, 86, 88, 90, 97  
asam amino, ix, 14, 16, 17, 19, 32,  
33, 34, 78  
aterosklerosis, 20

## B

beras, xiii, 1, 2, 5, 6, 14, 17, 18, 40,  
41, 42, 43, 57, 59, 64, 66, 67, 69,  
70, 71, 77, 79, 82, 83, 90, 91, 106  
Beta-karoten, 12  
bibit, 24, 49, 51  
bioindustri, 5

budi daya, v, 40, 45, 50, 55, 56, 57,  
80, 104

## D

defisiensi, 12, 21, 65, 77, 79  
diabetes melitus, 13  
diversifikasi, vi, 13, 59, 60, 71, 77,  
78, 82

## F

flavonoid, 8, 18, 19, 69, 72

## G

genetik, 22, 24, 28, 31, 32, 33, 43,  
46, 69  
genotipe, 31, 44  
gizi, 7, 11, 12, 17, 18, 19, 21, 40, 60,  
64, 68, 70, 78, 89, 91, 97  
glikemik, 13, 18, 67, 69, 70, 71

## H

hama, xi, 21, 23, 25, 33, 41, 45, 47,  
48, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 79,  
88, 94, 102  
harga, 1, 4, 64, 77, 78, 79  
heritabilitas, 29

Hibrida, 31, 33, 35, 93  
hipertensi, 13, 16, 20, 65

## I

imunitas, 10  
insektisida, 49, 94  
intensif, 33, 48  
isoflavon, x, xi, xiii, 14, 19, 20, 21,  
44, 45, 83, 100

## J

jagung, v, ix, x, xi, xiii, 1, 3, 4, 5,  
11, 14, 16, 17, 22, 31, 32, 33, 34,  
35, 36, 37, 38, 39, 40, 45, 49, 50,  
51, 52, 53, 54, 55, 59, 66, 67, 68,  
77, 78, 80, 88, 93, 95, 99, 104

## K

kanker, 9, 12, 13, 16, 19, 65, 72  
karbohidrat, v, vi, 5, 6, 12, 13, 14,  
33, 59, 64, 78  
kebutuhan, v, 1, 3, 4, 6, 11, 18, 20,  
58, 59, 76, 78  
kedelai, v, ix, x, xi, xii, xiv, 1, 4, 5,  
6, 12, 19, 20, 21, 22, 43, 44, 45,  
46, 49, 57, 58, 59, 71, 72, 73, 74,  
75, 76, 77, 80, 83, 84, 87, 88, 89,  
92, 100, 101, 102, 103, 104, 105  
keragaan, 44  
ketahanan, v, xi, 1, 5, 23, 45, 48,  
53, 57, 59, 60, 77, 82  
klon, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 49,  
50, 62, 65, 86, 88  
komersial, 11, 64, 65

komposit, 31, 32, 34, 37, 39, 52, 54,  
55, 104  
konsumen, 26, 40, 64, 78, 79  
konsumsi, ix, 3, 5, 6, 11, 19, 59, 60,  
72, 81, 103  
konvensional, 21, 58  
kualitas, 14, 17, 58, 68, 71, 72, 76,  
87, 101, 104

## L

lahan, v, 3, 4, 5, 22, 46, 48, 49, 50,  
56, 57, 79, 80, 95, 100  
lisin, 14, 17, 32, 33, 34, 35, 36, 79

## M

metode, xi, 23, 39, 44, 46  
mineral, 12, 14, 21, 40, 64, 91  
monokultur, 57

## N

nutrisi, 7, 9, 11, 14, 17, 31, 37, 71,  
72, 77, 78, 99

## O

Olahan, vii, viii, 59, 60, 66, 69, 72,  
88, 89

## P

padi, v, ix, x, xi, 2, 4, 5, 6, 11, 17,  
22, 40, 41, 42, 49, 55, 56, 57, 59,  
67, 70, 71, 79, 80, 85, 95

panen, ix, xi, 1, 2, 3, 4, 5, 24, 46,  
48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57,  
58, 59, 99

pangan, v, vi, ix, xiii, xiv, 1, 2, 3,  
5, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 16, 17, 19,  
21, 33, 36, 38, 40, 45, 59, 60, 61,  
62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70,  
73, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 87, 88,  
90, 91, 103, 104

pemuliaan, v, 21, 22, 25, 32, 37,  
40, 41, 43, 79, 91

penyakit, xi, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13,  
16, 18, 19, 20, 22, 25, 33, 39, 41,  
45, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55,  
56, 57, 58, 59, 69, 72, 79, 93, 95

persilangan, x, xi, 22, 23, 24, 25,  
26, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 39, 41,  
42, 43, 45, 46

plasmanutfah, 22

prebiotik, 7

probiotik, 7

produksi, 1, 2, 3, 4, 6, 24, 41, 47,  
55, 58, 59, 79, 99, 102

protein, ix, 6, 10, 11, 12, 14, 16, 17,  
18, 19, 20, 32, 33, 35, 37, 38, 39,  
44, 46, 51, 61, 71, 72, 74, 75, 78,  
83, 95, 99, 100, 101, 102, 104

pupuk, 51, 55, 58

## R

radikal bebas, 7, 9, 10, 11, 12, 13,  
84, 102

## S

sanitasi, 49

sehat, vi, 11, 49, 60, 61, 64, 68, 77,  
82, 99

seimbang, 15, 60, 82

seleksi, 22, 24, 31, 37, 42, 43, 93

## T

tanaman sela, 57, 80

terigu, 6, 14, 61, 63, 64, 66, 71, 78,  
101

triptofan, 14, 17, 33, 34, 79

tumpangsari, 57

## U

ubi jalar, v, ix, x, xi, xiii, 5, 11, 12,  
13, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29,  
30, 31, 46, 47, 48, 50, 59, 60, 61,  
62, 63, 64, 65, 77, 78, 80, 88, 89,  
90, 94, 96, 97, 98, 100, 102, 103

unggul, v, ix, x, xi, xiii, 3, 5, 17,  
19, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30,  
31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39,  
40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 53,  
56, 57, 58, 59, 68, 74, 75, 77, 78,  
79, 88, 89, 104, 105

## V

vitamin, 8, 10, 11, 12, 14, 19, 21,  
26, 30, 32, 37, 40, 64, 71, 78, 91,  
98, 104



## DATA PENULIS

**Made Jana Mejaya, Prof (R)., Ph.D., MSc., Ir.**, memperoleh gelar Sarjana Pertanian Jurusan Agronomi dari Universitas Brawijaya Malang tahun 1985, gelar Master of Science dan Doctor of Philosophy bidang Pemuliaan Tanaman dan Genetika dari the University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, USA masing-masing tahun 1992 dan 2003. Dikukuhkan sebagai Profesor Riset ke-131 Kementerian Pertanian tahun 2018 di bidang pemuliaan jagung hibrida. Telah menghasilkan/merilis 29 varietas unggul jagung (7 bersari bebas dan 22 hibrida) bersama para pemulia di Balitsereal, Maros, Sulawesi Selatan. Pernah menduduki jabatan struktural di lingkup Kementerian Pertanian sebagai: Kepala Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Maluku Utara di Ternate (2006-2008); Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) di Malang, Jawa Timur (2008-2010); Kepala Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi) di Subang, Jawa Barat (2010-2014); dan Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan) di Bogor, Jawa Barat (2014-2016). Yang bersangkutan saat ini kembali menjadi peneliti pemuliaan tanaman di Balitkabi, Malang sejak 2019. Memperoleh tanda penghargaan Satyalancana Karya Satya XX Tahun (2016) dan XXX Tahun (2017) dari Presiden RI.

**Haris Syahbuddin, Dr. DEA., Ir.**, memperoleh gelar Sarjana Pertanian dari Fakultas Pertanian, Jurusan Ilmu Tanah, Universitas Lampung tahun 1990. Pendidikan S2 diselesaikan di Ecole Nationale de la Meteorologie Toulouse Meteo France Perancis dan S3 di Kobe University, pada Departement for Science and Technology, Planetary and Earth Sciences, Laboratory for Atmospheric and Hydrospheric Sciencies. Peneliti dengan bidang keahlian Agrometeorologie Tropical ini juga menjabat sebagai Kepala Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (BBP2TP) sejak 2016 di Bogor. Penghargaan yang pernah diperoleh yakni

Penghargaan Inovasi Pangan dan Pertanian dan Peneliti Berprestasi Tingkat Nasional Tahun 2015.

**Yuliantoro Baliadi, Dr., MS., Ir.**, memperoleh gelar Sarjana Pertanian Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman dari Universitas Udayana, Denpasar tahun 1985, gelar Master dari Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 1993, dan gelar Doktor dari Universitas Brawijaya Malang tahun 2011. Saat ini menjabat sebagai Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) di Malang sejak tahun 2018, sebelumnya pernah menjabat sebagai Kepala Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Papua di Jayapura (2016-2018), serta Kabid Program dan Evaluasi di Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi) di Subang, Jawa Barat (2012-2016). Jabatan fungsional yang telah dicapai yaitu Peneliti Ahli Utama di bidang Hama dan Penyakit Tanaman.

**Agus Wahyana Anggara Dr., MS., Ir.**, memperoleh gelar Sarjana (S1) Jurusan Zoologi, Fakultas Biologi dari Universitas Gajah Mada tahun 1998, gelar Master bidang Entomologi Fitopatologi dari Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 2005, dan gelar Doktor bidang Biosains Hewan dari IPB tahun 2016. Saat ini yang bersangkutan sebagai pejabat eselon III di Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan) di Bogor, Jawa Barat. Jabatan fungsional yang telah dicapai yaitu Peneliti Ahli Madya di bidang Hama dan Penyakit Tanaman tahun 2016.

**Ronald T.P. Hutapea, Dr., MS., SP.**, mendapat gelar sarjana Pertanian jurusan Sosial Ekonomi Pertanian pada tahun 1995 dari Universitas Cenderawasih Manokwari. Gelar Master Pertanian (bidang Ekonomi Pertanian) dan gelar Doktor diperoleh dari Universitas Gadjah Mada masing-masing pada tahun 2003 dan 2014. Saat ini menpejabat struktural eselon IV pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Jabatan sebelumnya sebagai Kepala Seksi Pelayanan Teknis, Balai Penelitian Tanaman Palma.

**Febria Cahya Indriani, Dr., MP., SP.,** mendapat gelar Sarjana Pertanian (S1) jurusan Budidaya Pertanian dari Fakultas Pertanian Universitas Widya Gama, Malang pada tahun 1997. Pendidikan Pascasarjana (S2) dan pendidikan Doktoral ditempuh di Universitas Brawijaya, Malang jurusan Pemuliaan Tanaman, masing-masing selesai pada tahun 2001 dan 2018. Yang bersangkutan saat ini sebagai peneliti pemuliaan ubi jalar di Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi), Malang dengan jenjang fungsional Peneliti Ahli Muda.

**M. Muclish Adie, Dr., MS., Ir.,** mendapat gelar Sarjana Pertanian (S1) jurusan Budidaya Pertanian dari Fakultas Pertanian Universitas Wisnuwardana Malang pada tahun 1987. Pendidikan Pascasarjana (S2) jurusan Pemuliaan Tanaman ditempuh di IPB dan selesai pada tahun 1992 dengan mendapat gelar MS. Pendidikan Doktoral ditempuh di Universitas Brawijaya, Malang jurusan Pemuliaan Tanaman, dan selesai pada tahun 2008 dengan mendapat gelar Doktor. Saat ini aktif sebagai peneliti di Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi), Malang dengan jenjang fungsional Peneliti Ahli Utama dan pernah menjabat sebagai Kepala Balitkabi (2011-2013).

**Yudi Widodo, MS., Ir.,** mendapat gelar sarjana pertanian jurusan Agronomi dari Universitas Negeri Surakarta (UNS) Sebelas Maret pada tahun 1982. Pendidikan S2 di dapat pada tahun 1989 pada jurusan Ilmu Tanaman ditempuh pada program KPK Universitas Brawijaya Malang - Universitas Gadjah Mada dengan para pengajar dari Australia dan Belanda. Yang bersangkutan saat ini menjadi peneliti budidaya tanaman di Balitkabi, Malang mulai tahun 1982. Jenjang fungsional Ahli Peneliti Utama bidang Budidaya tanaman pangan diperoleh pada tahun 2001.

**Muchdar Soedarjo, Ph.D., MSc., Ir.,** mendapat gelar Sarjana Pertanian jurusan Agronomi pada tahun 1988 dari Fakultas Pertanian Universitas Wisnuwardana Malang. Pendidikan

Pascasarjana (S2) jurusan Tanah ditempuh di University of Hawaii USA dan selesai pada tahun 1993 dengan mendapat gelar MSc.. Pendidikan Doktorat (PhD) ditempuh di University of Hawaii, USA jurusan Microbiology, dan selesai pada tahun 1997. Jenjang fungsional yang telah dicapai saat ini adalah sebagai Peneliti Ahli Utama di Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi) di Malang. Pernah menjabat sebagai Kepala Balai Penelitian Tanaman Hias (2007-2012) di Cianjur, Jawa Barat dan Kepala Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Sub Tropika di Batu, Jawa Timur (2012-2014).

**Erliana Ginting, Ir. MSc.**, memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian Jurusan Pengolahan Hasil Pertanian dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta tahun 1987 dan gelar Master of Science bidang Food Science and Technology dari The University of New South Wales, Sydney, Australia tahun 2002. Sejak tahun 1987 bekerja sebagai peneliti bidang pascapanen dan teknologi pangan di Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) yang sebelum tahun 1995 dikenal dengan Balittan Malang. Karir fungsional sebagai peneliti dimulai pada tahun 1993 sebagai Asisten Peneliti Madya hingga tahun 2017 meraih jenjang Peneliti Ahli Utama.

**Joko Susilo Utomo, Ph.D., M.P., Ir.**, mendapatkan gelar Sarjana bidang Pengolahan Hasil Pertanian, Fak. Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 1986. Pendidikan S2 diselesaikan dari universitas yang sama pada tahun 1994 dengan mengambil jurusan Ilmu Pangan dan Gizi. Menyelesaikan pendidikan S3 tahun 2009 di Univ. Putra Malaysia bidang Food Science and Technology. Pernah menjabat sebagai Kepala Balitkabi, Malang (2017-2018), sebelumnya menjabat sebagai Kepala Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (Balitjestro) di Batu, Jawa Timur (2013-2017), serta Kepala BPTP Lampung (2012-2013). Saat ini menjabat sebagai fungsional Peneliti Ahli Madya di Balitkabi.

**Bambang S. Koentjoro, SP., M.Kom.** memperoleh gelar sarjana bidang Sosial Ekonom Pertanian di Fakultas Pertanian, Universitas Wisnuwardhana Malang tahun 2001 gelar *Magister Computer Science* (M.Kom.) dari Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 2014. Sejak tahun 2018 ditugaskan sebagai Pj. Kasie Jasa Penelitian di Balitkabi. Pelatihan (Training) yang pernah diikuti: Diklat GIS, IPB 2013 (Bogor); Diklat Penulisan Kreatif, 2015 (Bogor); Diklat Open Jurnal Sistem (OJS) 2016 (Cibinong-LIPI); Diklat Auditor Internal KNAPPP 02:2007 (Balitkabi – Malang); dan Diklat Fungsional Peneliti Pertama, 2016 (Cibinong-LIPI). Saat ini aktif mengelola jurnal (Buletin Palawija) sebagai *Section Editor* (SE) dan Jurnal Manager berbasis OJS tahun 2015-sekarang.

**M. Yasin H.G., MS., Ir** memperoleh gelar Sarjana Pertanian jurusan Agronomi dari Univeristas Hasanuddin, Makassar tahun 1979 dan gelar Magister Pertanian jurusan Statistika Terapan dari IPB, Bogor tahun 1982. Sebagai Peneliti Ahli Utama di bidang pemuliaan jagung, yang bersangkutan telah menghasilkan 13 varietas unggul jagung nasional (7 bersari bebas dan 6 hibrida). Memperoleh piagam penghargaan ketahanan pangan dari Menteri Pertanian (2006), peneliti utama berprestasi dari Menteri Pertanian (2006), dan tanda penghargaan Satyalancana Karya Satya XX Tahun (2009) dari Presiden RI.

